

# Usporedni proračuni nekoliko tipova potpornih građevina prema Eurocode-u 7

---

Trubelja, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

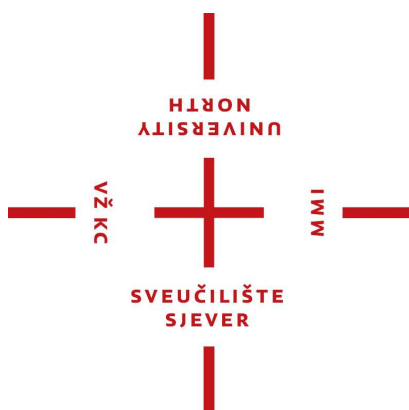
2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:485769>

Rights / Prava: [In copyright](#)

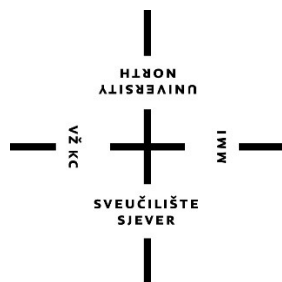
Download date / Datum preuzimanja: **2021-12-30**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

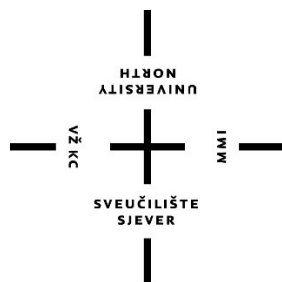
**Završni rad br. 421/GR/2021**

**Usporedni proračuni nekoliko tipova potpornih  
građevina prema Eurocode-u 7**

**Marko Trubelja, 2862/336**

Varaždin, rujan 2021. godine





# **Sveučilište Sjever**

**Odjel za graditeljstvo**

**Završni rad br. 421/GR/2021**

## **Usporedni proračuni nekoliko tipova potpornih građevina prema Eurocode-u 7**

**Student**

Marko Trubelja, 2862/336

**Mentor**

dr. sc. Matija Orešković, docent

Varaždin, rujan 2021. godine



# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Marko Trubelja	JMBAG	2862/336
DATUM	7.7.2021.	KOLEGIJ	Geotehnika
NASLOV RADA	Usporedni proračuni nekoliko tipova potpornih građevina prema Eurocode-u 7		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Comparative calculation design of several types of supporting structures according to Euro		

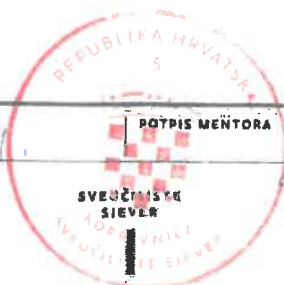
MENTOR	dr.sc. Matija Orešković	ZVANJE	Docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo Soldo		
	2. doc.dr.sc. Matija Orešković		
	3. doc.dr.sc. Aleksej Aniskin		
	4. doc.dr.sc. Domagoj Nakić		
	5.		

## Zadatak završnog rada

BRD	421/GR/2021
OPIS	<p>U radu su detaljno opisane i obrađene najčešće korištene vrste potpornih građevina: potporni zidovi, ojačano tlo, zagati i sidrene građevine. Opisana su njihova glavna obilježja i specifičnosti te gdje se izgrađuju i njihovi proračuni za dimenzioniranje tijekom procesa projektiranja. U razradi teme analizirane su aktualne norme i propisi iz "Eurocode 7" u kojem su objašnjene metode proračuna potpornih građevina. U proračunskom dijelu završnog rada napravljen je proračun nekoliko usporednih primjera potpornih zidova različitih geometrijskih karakteristika te su uspoređeni njihovi faktori sigurnosti.</p> <p>Ključne riječi: potporne građevine, potporni zid, gravitacijski zid, ojačano tlo, sidrene potporne građevine, sidro, zagati, Eurocode 7</p>

ZADATAK URUČEN

30. 08. 2021.



POTPIS MENTORA

*[Signature]*

## **Sažetak**

Predmet završnog rada su statički proračuni dva potporna zida sa različitim geometrijskim karakteristikama. U razradi teme detaljno su opisane i obrađene najčešće korištene vrste potpornih građevina: potporni zidovi, ojačano tlo, zagati i sidrene građevine. Opisana su njihova glavna obilježja i specifičnosti te gdje se izgrađuju i njihovi proračuni za dimenzioniranje tijekom procesa projektiranja. Također su analizirane i aktualne norme i propisi iz "Eurocode 7" u kojem su objašnjene metode proračuna potpornih građevina. U proračunskom dijelu završnog rada napravljen je proračun nekoliko usporednih primjera potpornih zidova različitih geometrijskih karakteristika te su uspoređeni njihovi faktori sigurnosti.

Ključne riječi: potporne građevine, potporni zid, gravitacijski zid, ojačano tlo, sidrene potporne građevine, sidro, zagati, Eurocode 7...

## **Summary**

The subject of this undergraduate thesis is statics calculations of two retaining walls with different geometric characteristics. In the elaboration of the topic, the most commonly used types of supporting structures are described and processed in detail: retaining walls, reinforced soil, dams, and anchor structures. Their main features and specifics are described, as well as where their calculations during the design process. The current norms and regulations from "Eurocode 7" are also analyzed, in which the methods of calculation of supporting structures are explained. In the calculation part of the thesis, a static calculation of several comparative examples of retaining walls with different geometric characteristics were made and their safety factors were analyzed.

Key words: supporting structures, retaining walls, gravity wall, reinforced soil, anchor structures, anchor, dams, Eurocode 7...

# Popis korištenih oznaka

## Latinska slova

$A$  – površina poprečnog presjeka

$a$  – proračunsko ubrzanje tla

$AB$  – armirani beton

$b$  – širina temeljne stope

$c$  – kohezija tla

$e$  – ekscentricitet

$F_A$  – sila aktivnog tlaka tla

$F_H$  – horizontalna komponenta sile hidrostatskog tlaka

$F_P$  – sila pasivnog otpora tla

$F_s$  – faktor sigurnosti

$F_S$  – sile uzrokovane potresom

$F_{tr}$  – sila trenja

$F_U$  – sila uzgona

$g$  – stalno opterećenje

$H$  – visina zida

$k_A$  – koeficijent aktivnog tlaka

$k_h$  – koeficijent horizontalnog potresnog opterećenja

$k_P$  – koeficijent pasivnog otpora

$k_v$  – koeficijent vertikalnog potresnog opterećenja

$M_{Ed}$  – računski vrijednost djelovanja momenta savijanja

$M_{Rd}$  – računski vrijednost nosivosti na momente savijanja

$N$  – normalna sila

$q$  – promjenjivo opterećenje

$q_u$  – nosivost tla

$R$  – rezultanta sile

$r$  – faktor reduciranja za potresni koeficijent

$RA$  – rebrasta armatura

$s$  – faktor tla

$W$  – vlastita težina potpornog zida

$W_s$  – vlastita težina zapune

$x_0, y_0$  – težište presjeka

$z$  – dubina

### **Grčka slova**

$\beta$  – kut nagiba terena iza zida

$\gamma$  – obujamska težina materijala

$\delta$  – kut trenja između tla i konstrukcije

$\theta$  – kut pritiska sile na vertikalnu površinu

$\xi$  – faktor za dodatno potresno opterećenje

$\sigma$  – naprezanje

$\varphi$  – kut unutrašnjeg trenja

$\chi$  – faktor važnosti građevine

# Sadržaj

<b>1.</b>	<b>Uvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Opterećenja na građevine .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Projektiranje prema "Eurocode 7" .....</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>Potporni zidovi .....</b>	<b>11</b>
<b>4.1.</b>	<b>Dimenzioniranje potpornih zidova .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2.</b>	<b>Proračun na prevrtanje .....</b>	<b>13</b>
<b>4.3.</b>	<b>Proračun na klizanje .....</b>	<b>14</b>
<b>4.4.</b>	<b>Provjera nosivosti ispod temelja i diferencijalnog slijeganja .....</b>	<b>16</b>
<b>4.5.</b>	<b>Provjera globalne stabilnosti potpornog zida .....</b>	<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>Ojačano tlo .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1.</b>	<b>Armirano tlo .....</b>	<b>18</b>
<b>5.2.</b>	<b>Dimenzioniranje potpornih građevina od armiranog tla .....</b>	<b>19</b>
<b>6.</b>	<b>Zagati .....</b>	<b>20</b>
<b>6.1.</b>	<b>Nasuti zagati .....</b>	<b>21</b>
<b>6.2.</b>	<b>Zagati od drvenog i čeličnog žmurja .....</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>Sidrene potporne građevine .....</b>	<b>24</b>
<b>7.1.</b>	<b>Geotehničko sidro .....</b>	<b>24</b>
<b>8.</b>	<b>Proračunski zadatak .....</b>	<b>27</b>
<b>9.</b>	<b>Zaključak .....</b>	<b>58</b>
<b>10.</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>59</b>
<b>10.1.</b>	<b>Popis slika .....</b>	<b>60</b>
<b>10.2.</b>	<b>Popis tablica .....</b>	<b>61</b>
<b>11.</b>	<b>Prilozi .....</b>	<b>62</b>

# 1. Uvod

Potporne građevine su građevine namijenjene za osiguranje stabilnosti padine pri naglim promjenama visine terena. Potporne građevine rade se na onim terenima kod kojih je nagib površine terena strmiji od onoga prirodnog, odnosno onoga koji bi bio stabilan i koji bi trajno stajao bez potrebe za izgradnjom neke potpore. Iz ovoga slijedi druga detaljnija definicija potpornih građevina, a to je da je potporna građevina svaki građevinski zahvat koji osigurava sigurno i stabilno vanjsko lice tla, nagnuto pod strmijim nagibom od onog, koji je moguć bez tog zahvata.

Najosnovnija podjela potpornih građevina bi bila na trajne i privremene građevine. Kod privremenih građevina bitno je istaknuti da mora postojati i neka druga dodatna građevina koja će preuzeti pritiske nestabilnog tla. Potporne građevine služe u raznim svrhama i sastavi su dio raznih gospodarski važnih projekata i izvedenih građevina, kao što su potporni zidovi (zidovi koji pridržavaju nasip) ili uporni zidovi (zidovi koji pridržavaju zasjek) na raznim prometnicama, kod izgradnje pristaništa u lukama ili gradnji dokova, kod izgradnje tunela te prilikom izgradnje infrastrukturnih građevina u velikim gradovima (upotreba prilikom izgradnje podzemne željeznice, ali i kod podzemnih garaža ili parkirališta za trgovačke centre, skladišta...).

U građevinarstvu sve počinje od kopanja građevinske jame te se često javlja situacija da se ta jama mora nekako ustabiliti. Tu do izražaja dolaze potporne građevine koje mogu biti privremene ili koje se konstruktivno uklapaju u buduću građevinu. Tu se koriste razne vrste potpora: kod manje zahtjevnih jama koriste se razne vrste oplata koje se pridržavaju kosnicima ili razuporama; kod složenijih i dubljih jama izvede se razne vrste zagatnih stijenki od kojih su najpoznatije žmurje, dijafragme i berlinsko žiđe, piloti, mlazno injektirani piloti ... U potporne građevine ubrajamo i zagate koji su pretežito opterećeni hidrostatskim tlakom od vode. To su nasipi s nepropusnom jezgrom ili s nepropusnim ekranima, čelično žmurje u obliku sanduka ispunjeno tlom i sl. Njihova glavna uloga je zaštita gradilišta od površinske vode (mora, jezera, rijeke...). Na potporne građevine djeluju mnoga opterećenja, a najviše opterećenje od tla, vode ili nekog drugog materijala koji se nalazi iza građevine i na koju se oslanja. Prilikom projektiranja i gradnje potpornih građevina uvijek se nastoji, ako je moguće, građevinu ne opteretiti hidrostatskim tlakom jer se zbog toga javlja veliko horizontalno opterećenje. Treba

imati na umu da su potporne građevine izložene trajnoj prisutnosti vlage, te su zbog toga metalni dijelovi građevine izloženi koroziji, a drveni dijelovi truljenju. Pri dimenzioniranju treba tu činjenicu uzeti u obzir.

Dalji razvoj novih tehnologija, novih strojeva i otkrivanje novih materijala omogućava razvoj i napredak novih potpornih građevina i njihovih rješenja.

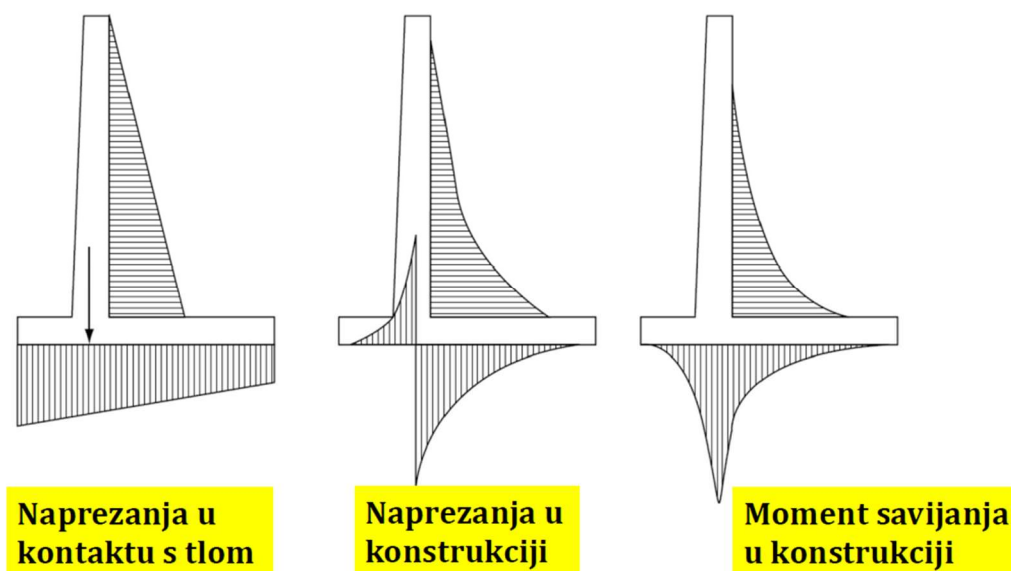


Slika 1 : Potporne građevine: ojačano tlo(gore lijevo), geotehničko sidro (gore desno), potporni zid (dolje)

## 2. Opterećenja na građevine

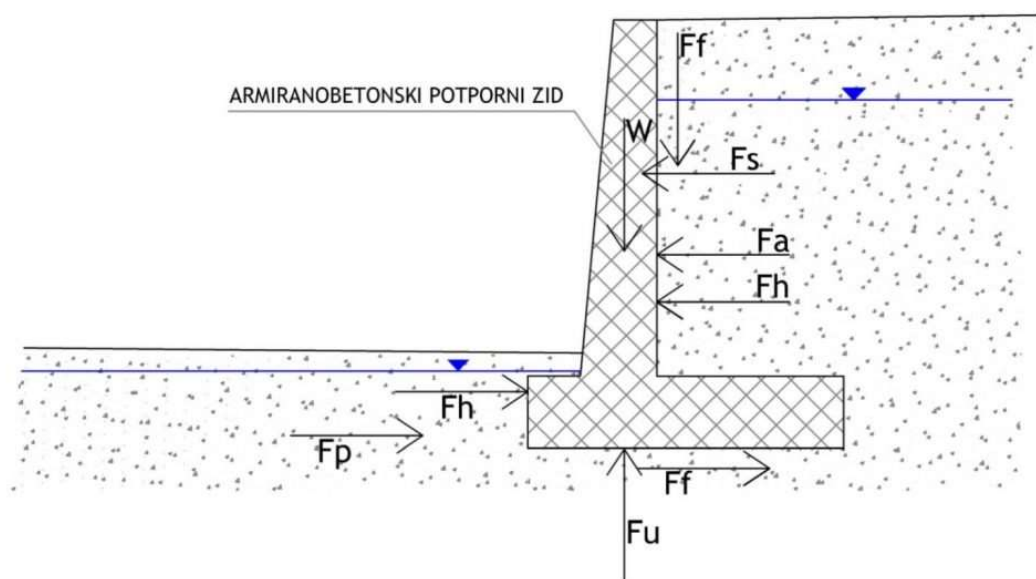
Proces projektiranja potpornih građevina se provodi u tri dijela. Prvi korak je geotehnički proračun kojeg čine proračuni kojim određujemo bočne pritiske na građevinu. Nakon toga dimenzioniramo nosive dijelove potporne građevine. Vrš se proračuni koji spadaju u razna područja, ovisno o kojim materijalom projektiramo. Zadnji korak je geotehnički proračun analize stabilnosti, odnosno provjera stabilnosti potporne građevine kao cjeline zajedno sa okolnim tlom. Na temelju toga zaključujemo da je najvažniji korak točno odrediti bočne pritiske na potpornu građevinu, da bi mogli odrediti nosivi sustav i buduće dimenzije. Bočni pritisci nastaju od tla, vode ili nekog drugog materijala, ovisno što podupire potporna građevina. Tlo je vrlo složeni materijal. Pri oblikovanju matematičkih i fizikalnih modela koriste se različite metode. U većini slučajeva koristi se teorija elastičnosti jer daje zadovoljavajuće rezultate [1,8].

U praksi se potporni zidovi dimenzioniraju na aktivni tlak jer je tako mnogo ekonomičnije dimenzionirati nego na efektivno horizontalno naprezanje  $K_0$  stanja. Prije proračuna bitno je utvrditi koje sve sile i opterećenja imamo prisutne u promatranome statičkom sustavu.



Slika 2 : Naprezanja uzrokovana djelovanjem vanjskih sila





Slika 3 : Djelujuće sile na potpornu građevinu

Djelujuće sile mogu biti:

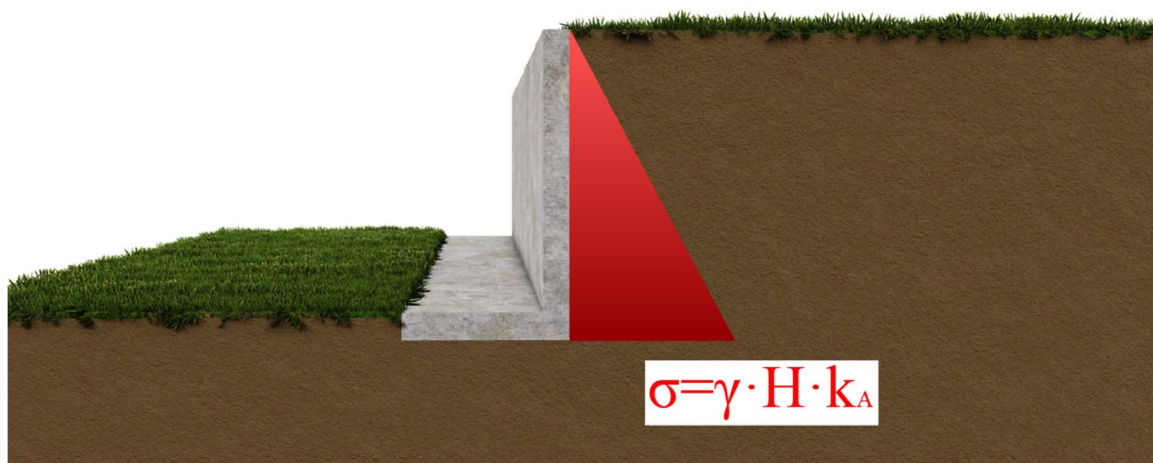
- aktivni tlak –  $F_A$
- hidrostatski pritisak –  $F_H$
- uzgon –  $F_U$
- vlastita težina potpornog zida –  $W$
- pasivni otpor –  $F_P$
- sile potresa –  $F_S$
- reakcija podloge (tla) –  $F_f$

Vlastita težina potpornog zida dobiva se kao volumen zida pomnožen sa obujamskom težinom materijala od koje je zid izrađen.

MATERIJAL	OBUJAMSKA TEŽINA [kN/m <sup>3</sup> ]
običan beton	24
armirani beton	25
laki beton	<20
teški beton	>28
šuplja opeka	13-15
šljunak	18

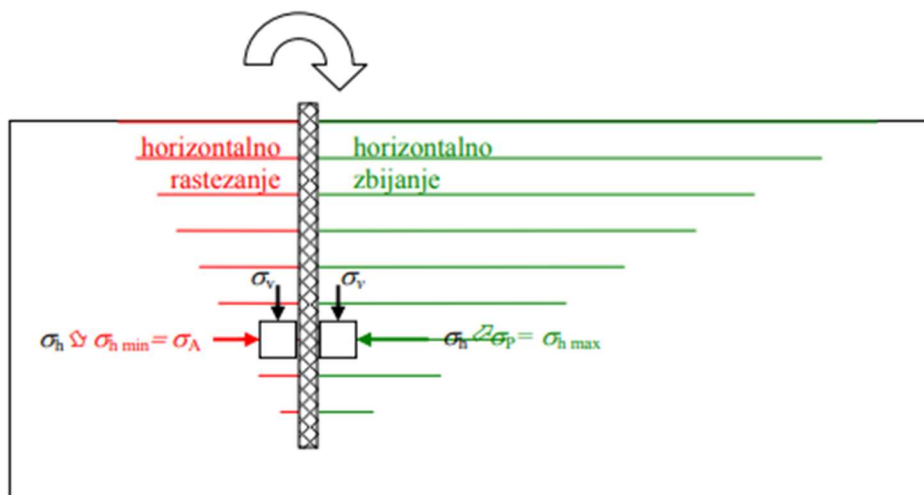
Tablica 1 : Obujamske težine često korištenih materijala

Aktivni tlak je svako opterećenje koje vrši pritisak na zid i nastoji ga pomaknuti. Pritisak tla zovemo aktivnim tlakom ako se radi o minimalnoj vrijednosti pritiska, tj. ako je omogućena za to potrebna deformacija. U normalno konsolidiranim tlima za razvoj aktivnog tlaka tj. aktivnog stanja potrebna je relativna horizontalna deformacija od nekoliko promila (što odgovara nekoliko milimetara pomaka za zid visine nekoliko metara). U prekonsolidiranim tlima potrebne su i znatno veće deformacije.

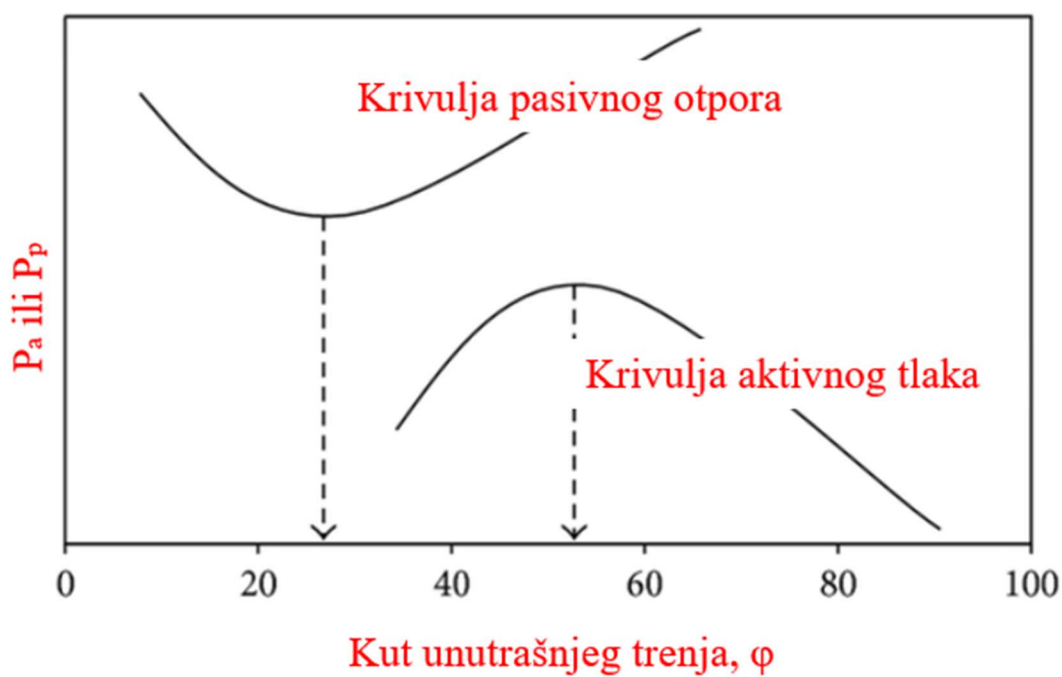


Slika 4 : Naprezanja uzrokovana aktivnim tlakom

Pritisak tla na potpornu konstrukciju u uvjetima horizontalnog zbijanja do sloma zovemo pasivnim otporom [5].



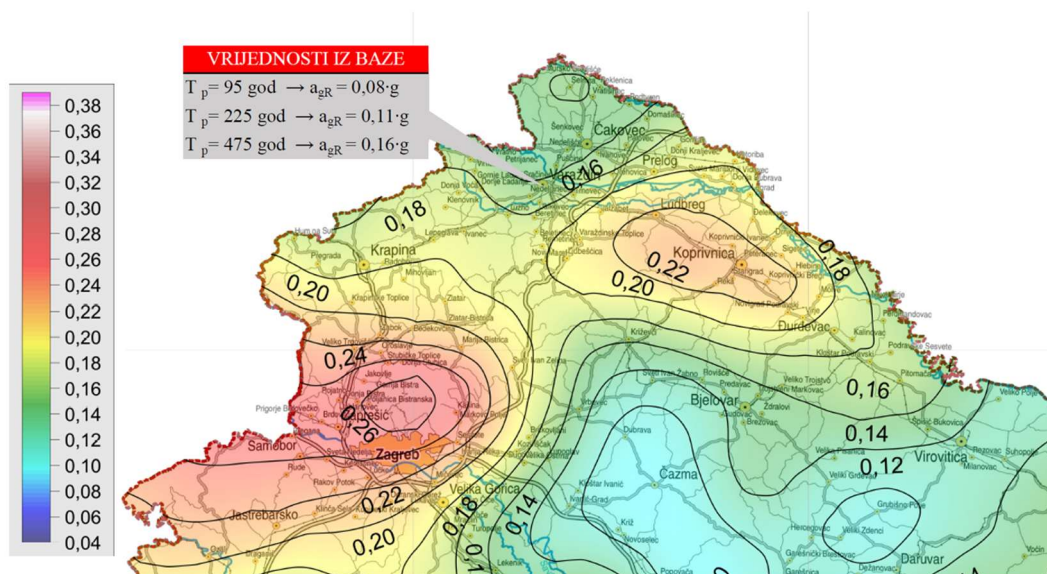
Slika 5 : Shematski prikaz nastanka aktivnog tlaka i pasivnog otpora [5]



Slika 6 : Krivulje iznosa aktivnog tlaka i pasivnog otpora

Kada je razina podzemne vode iznad kote stope zida, tada u proračun moramo uvrstiti i iznos hidrostatskog pritiska koji djeluje na potporni zid te povećava horizontalne djelujuće sile te samim time zahtjeva i veće dimenzije zida i jače konstrukcije. Iz razloga ekonomičnosti, najčešće se u praksi problem hidrostatskog tlaka uklanja izradom različitih drenažnih sustava koji omogućuju otjecanje vode dalje od zida.

Za određivanje sila potresa mora se odrediti potresno područje na seizmološkoj karti Republike Hrvatske iz koje se dobivaju relevantni podaci o jačini potresa za odabrano područje na kojem se gradi potporna konstrukcija. Cilj takvog proračuna je postići takvu geometriju konstrukcije koja će osigurati jednoliku raspodjelu naprezanja na sve elemente koje preuzimaju potresne sile. Na sljedećoj slici je prikaz projektnih akceleracija za sjeverno područje Republike Hrvatske na karti sa povratnim periodom 475 godina i akceleracije za grad Varaždin za više povratnih perioda [10].

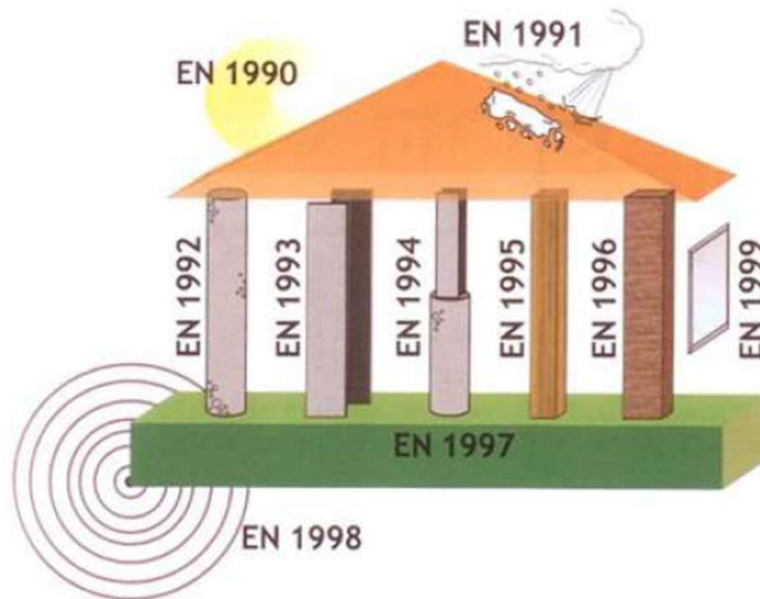


Slika 7 : Iznosi akceleracija za grad Varaždin

Na potporne građevine, osim prije navedenih opterećenja, mogu djelovati i neka vanjska opterećenja, ovisno o njihovoj namjeni, npr. opterećenja od prometa, kranskih staza, vozila raznog tipa, opterećenja od susjednih građevina.

### 3. Projektiranje prema "Eurocode 7"

Eurocode-ovi su skup europskih pravila i normi za projektiranje konstrukcija zgrada i inženjerskih građevina. Primjenom tih pravila ostvaruje se dio projekta građevine kojim se osigurava mehanička otpornost i stabilnost građevine te sigurnost u slučaju požara. Eurocode-ovi su doneseni od strane Europske komisije [4,8].



Slika 8 : Shematski prikaz Eurocode-ova [8]

Europske norme i propise koji se koriste prilikom geotehničkog projektiranja nalaze se u "Eurocode 7". Eurocode postupa s građevinom kao proizvodom koji ima određeno uporabno vrijeme. Svi Eurocode-ovi, pa tako i "Eurocode 7", koji obrađuje područje geotehnike ima pristup proračunima koji se temelje na parcijalnim faktorima sigurnosti za opterećenja i za sva svojstva materijala od kojih izvodimo građevinu. Parcijalni faktori se vežu uz određeno granično stanje.

Osnovna podjela graničnih stanja:

- krajnje granično stanje – stanje sloma ili nestabilnosti građevine
- granično stanje uporabljivosti – nastaje kad građevine ne može više služiti predviđenoj svrsi zbog prevelikih deformacija, progiba...

Prije početka projektiranja građevine treba se odrediti geotehničke projektne zahtjeve. To se radi tako da buduću građevinu razvrstamo u pripadni geotehnički razred. "Eurocode 7" predviđa tri geotehnička razreda:

- prvi geotehnički razred – potporni zidovi ili iskopi kod kojih je visinska razlika manja od 2.00 m, manji iskopi za drenaže i polaganje cijevi. Prilikom proračuna pretpostavlja da se pojava podzemne vode ne očekuje do dubine iskopa
- drugi geotehnički razred – uobičajene vrste građevina koje zahtijevaju kvantificirane geotehničke podatke, ali ne zahtijevaju ništa više od rutinskih postupaka prilikom ispitivanja tla
- treći geotehnički razred – sve građevine koje ne pripadaju ni u prvi ni u drugi razred. Tu se ubrajaju velike i neuobičajene građevine s velikim rizikom te građevine u područjima gdje imamo veliku opasnost od pojave potresa.

"Eurocode 7" razlikuje pet graničnih stanja nosivosti [4]:

- EQU – gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla razmatranog kao kruto tijelo, u kojem čvrstoća konstruktivnog materijala ili tla značajno ne doprinosi otpornosti (prevrtanje gravitacijskog betonskog zida na podlozi od čvrste stijene), (equilibrium-ravnoteža)
- STR – slom ili velika deformacija betonske, metalne, drvene ili zidane konstrukcije ili njenog elementa, uključivo temelje, pilote, sidra i potporne zidove, u kojima čvrstoća konstruktivnog materijala bitno pridonosi otpornosti (slom pri jakom savijanju armirano-betonske dijafragme, izvijanje pilota u jako mekom tlu, klizanje blokova obalnog zida na vodoravnim reškama među blokovima, popuštanje čelične šipke geotehničkog sidra pod vlačnim opterećenjem, propadanje podložne ploče sidra kroz sloj prskanog betona zaštitne potporne konstrukcije, slom pilota od vodoravnog opterećenja), (structural-konstrukcijski)
- GEO – slom ili velika deformacija tla pri kojoj čvrstoća tla ili stijene bitno pridonosi otpornosti (slom tla ispod temelja, slom tla oko vodoravno opterećenog pilota, veliko slijeganje pilota, naginjanje potpornog zida, čupanje sidra iz tla, slom i propadanje tla iznad tunelskog iskopa, klizanje i odron tla, značajno popuštanje oslonca luka mosta, izdizanje i slom dna građevne jame u mekom tlu), (geotechnical-geotehnički)

- UPL – gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla uslijed uzgona vode ili drugih vertikalnih sila (izdizanje lagane podzemne konstrukcije pod pritiskom uzgona podzemne vode, izdizanje i probijanje slabopropusnog sloja tla na dnu građevne jame od uzgona podzemne vode u nižem vodonosnom sloju, čupanje temelja dalekovodnog stupa), (uplift-uzgon)
- HYD – hidrauličko izdizanje (hidraulički slom), interna erozija tla uzrokovana hidrauličkim gradijentima (hidraulički slom u pjeskovitom dnu građevne jame uslijed vertikalnog strujanja vode prema dnu jame, interna erozija pjeskovitog tla od strujanja vode u nasipu i stvaranje erozijskih kanala), (hydraulic-hidraulički)

<u>Parcijalni faktori za djelovanja i svojstva tla</u>			( EQU )	( STR/GEO )	( STR/GEO )	( Seismic )
				( A1+M1 )	( A2+M2 )	
Djelovanja	Trajno Nepovoljno	$\gamma_{Gdst}$ :	1.10	1.35	1.00	1.00
	Trajno Povoljno	$\gamma_{Gstb}$ :	0.90	1.00	1.00	1.00
	Povremeno Nepovoljno	$\gamma_{Qdst}$ :	1.50	1.50	1.30	1.00
	Povremeno Povoljno	$\gamma_{Qstb}$ :	0.00	0.00	0.00	0.00
Tlo parametri	Kut trenja	$\gamma_{\phi}$ :	1.25	1.00	1.25	1.25
	Efektivna kohezija	$\gamma_c$ :	1.25	1.00	1.25	1.25
	Nedrenirana i jednoosna čvrstoća	$\gamma_{cu}$ :	1.40	1.00	1.40	1.40
	Čvrstoća	$\gamma_{qu}$ :	1.40	1.00	1.40	1.40
	Gustoća	$\gamma_w$ :	1.00	1.00	1.00	1.00

Slika 9 : Parcijalni faktori iz Eurocode 7 [3]

## 4. Potporni zidovi

Potporni zidovi su jedan od najčešće korištenih primjera potpornih građevina. To su umjetne građevine projektirane za osiguranje zemljanog trupa, u nasipu od obrušavanja ili klizanja zemljanih masa odnosno podlokavanja koje mogu izazvati vodeni tokovi, podzemne vode ili erozija oborinskih voda. Potporni zidovi se danas izvode od brojnih dostupnih materijala, najčešće su to beton, armirani beton, opeka, montažni elementi ili žičani sanduci ispunjeni kamenim materijalom poznati pod nazivom gabioni [1].

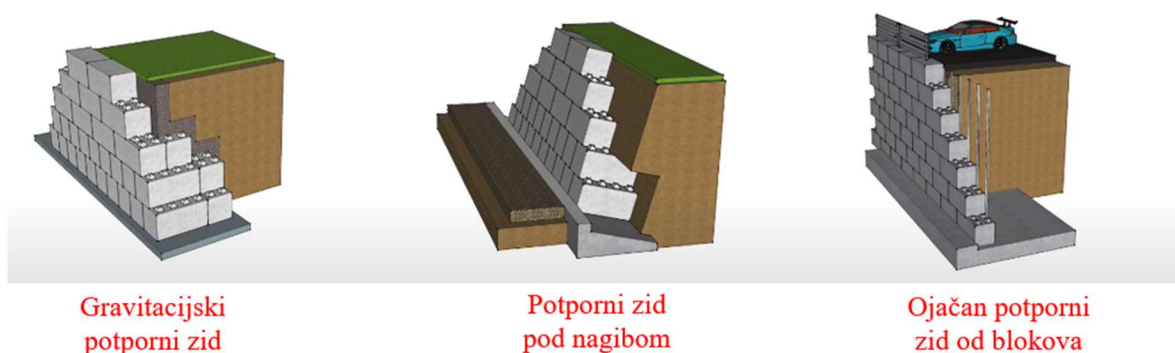
Osnovna karakteristika po kojoj se razlikuju od ostalih potpornih građevina jest ta da imaju temelj. To je dio potpornog zida koji je cijelom svojom širinom u direktnom kontaktu s okolnim tlom te tako prenosi sva opterećenja (vlastitu težinu zida, vanjske sile...) na temeljnu plohu. Ako nosivost samog tla nije dovoljna, tada se izvodi temelj širi od širine zida. Također se mogu izvesti proširenja s unutrašnje strane zida, što nužno ne mora biti iz statičnih razloga, već radi ugradnje podzemne drenaže za odvod vode. Temelji se dimenzioniraju kao svaki drugi temelj za bilo koji tip građevine. Najčešće se koriste plitki temelji, ali ovisno o tipu građevine možemo koristiti i duboko temeljenje (upornjaci mostova ili pristani u lukama). Bitno je zapamtiti da se potporni zidovi u pravilu dimenzioniraju na aktivni tlak, jer se smatra da mogu podnijeti deformacije i naprezanja koje takvo stanje izaziva.

Prema tipu potporni zidovi se mogu podijeliti na:

- masivne (gravitacijske)
- olakšane
- tankostjene.

Masivni potporni zidovi su velikih dimenzija. Kod većih visina dimenzije postaju ograničavajući faktor te zbog toga se pronalaze razni načini za svladavanje većih visina. Tako su nastali olakšani potporni zidovi. Oni imaju štedne otvore ili se projektiraju da se oblikovno prilagode tako da mogu izdržati zadano opterećenje. U ovu skupinu ubrajaju se zidovi s konzolom i zidovi sa zategom. Tankostjeni zidovi su armirani zidovi koji imaju proširenu armiranu temeljnu stopu, s vanjske i/ili unutrašnje strane, ovisno o raspoloživom prostoru. Uz to mogu se sastojati i od kontrafora ili rebra.





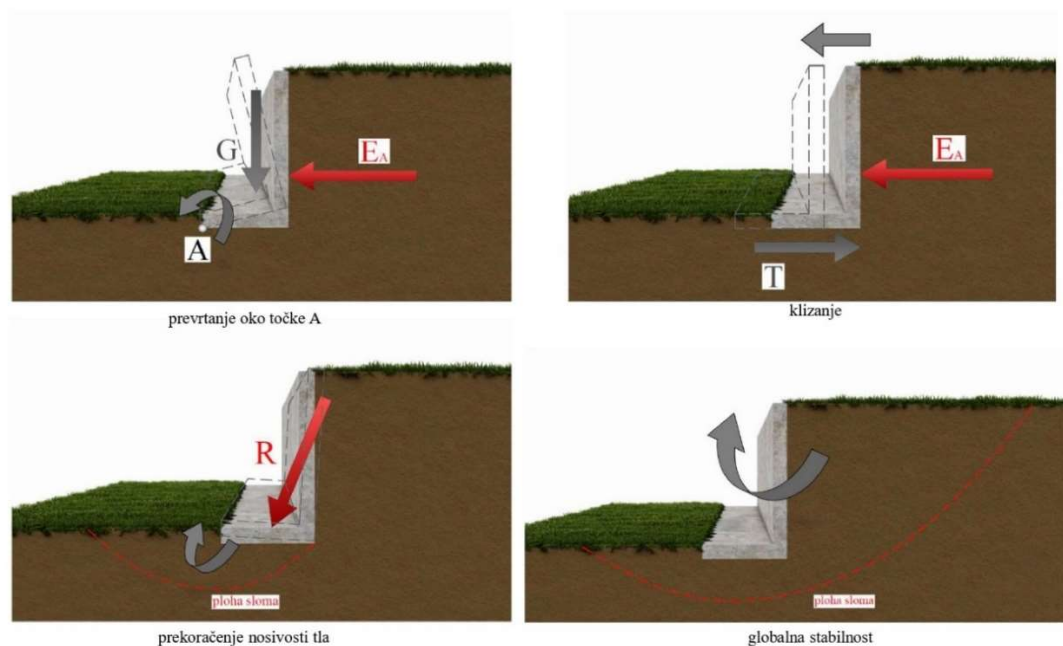
Slika 10 : Vrste potpornih zidova

#### 4.1. Dimenzioniranje potpornih zidova

Dimenzioniranje potpornog zida znači provjeriti stanje stabilnosti potpornog zida u području geomehanike. Provjera stanja stabilnosti zida znači napraviti proračun kojim se utvrđuje faktor sigurnosti za odabrano stanje. Općenito gledano faktor sigurnosti se definira kao omjer statičke raspoložive veličine i statičke veličine potrebne da bi sustav bio u ravnoteži. Kada je faktor sigurnosti  $F_s = 1$  sustav je u krhkoj ravnoteži, kada je  $F_s < 1$  sustav se ruši, a  $F_s > 1$  znači da se nalazimo na strani sigurnosti na kojoj i želimo biti. Minimalne iznose faktora sigurnosti mogu se pronaći u tehničkim propisima i aktualnim zakonima. Prilikom dimenzioniranja potpornog zida vrši se provjera na četiri najčešća mehanizma sloma.

To su:

- proračun na prevrtanje
- proračun na klizanje
- provjera nosivosti ispod temelja i diferencijalnog slijeganja
- provjera globalne stabilnosti potpornog zida.



Slika 11 : Mehanizmi sloma potpornog zida

Potporne zidove gravitacijskog tipa ne dimenzioniramo na hidrostatski tlak, odnosno ne uvrštava se ta sila u proračune jer se utjecaj podzemne i procjedne vode odstranjuje ugradnjom drenaže. Drenaža se sastoji od materijala koji povećavaju propusnost vode i cijevi koji tu vodu sakupljaju i odvođe.

U proračun moramo uvrstiti i osnovne mjere zida:

- visinu – H,
- širinu temeljne stope – b.

#### 4.2. Proračun na prevrtanje

Ovaj postupak se temelji na pretpostavki da se zid može dovoljno pomaknuti da na njega djeluje aktivni tlak. Temelj proračuna na prevrtanje jest odabir točke oko koje će se sustav prevrnuti. Proračun provodimo za dužinu zida 1 m. Proračun na prevrtanje je zapravo izračun faktora sigurnosti na prevrtanje. To je omjer momenata sila koje žele prevrnuti zid s obzirom na točku prevrtanja i momenata koje se suprotstavljaju tome.

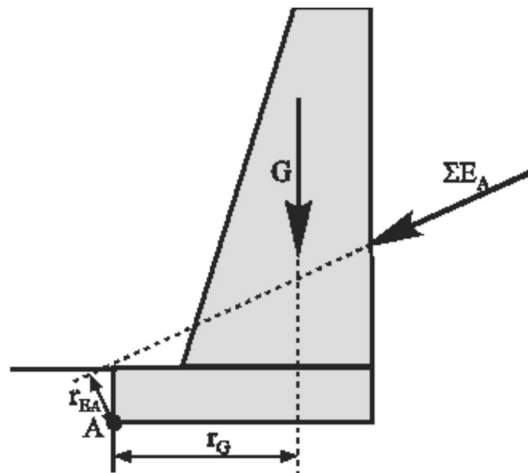
$$F_s = \frac{\sum M_o}{\sum M_p}$$

$F_s$  – faktor sigurnosti na prevrtanje,

$M_o$  – momenti koji vrše otpor prevrtanju,

$M_p$  – momenti koji vrše prevrtanje,

Potreban faktor sigurnosti mora biti minimalno 1.5 za nekoherentna tla, te minimalno 2 za koherentna tla.



Slika 12 : Statički sustav proračuna na prevrtanje

### 4.3. Proračun na klizanje

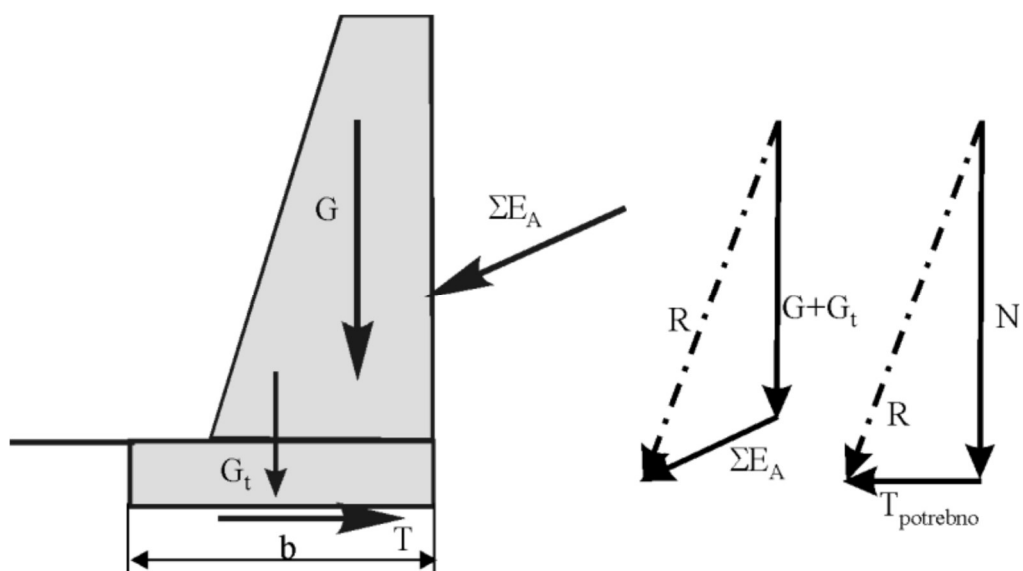
Vrši se proračun zida na klizanje na dodirnoj plohi tla i temelja zida. Tu bitnu ulogu ima koeficijent trenja između tla i temelja. Kod nekoherentnih materijala to može biti kut unutarnjeg trenja materijala ispod temeljne stope. Poteškoće nastaju kod koherentnog materijala jer je manji kut trenja u koherentnom materijalu nego na dodirnoj plohi tla i temelja te zbog toga klizanje nastaje u tlu. Zbog toga je često nemoguće zadovoljiti faktor sigurnosti bez izvedbe nekih posebnih zahvata, kao što su proširenje temeljne stope na obje strane, produbljenje stope, temeljena stopa pod nagibom ili izrada istaka za aktiviranje pasivnog otpora.

$$F_s = \frac{\Sigma F_o}{\Sigma F_p}$$

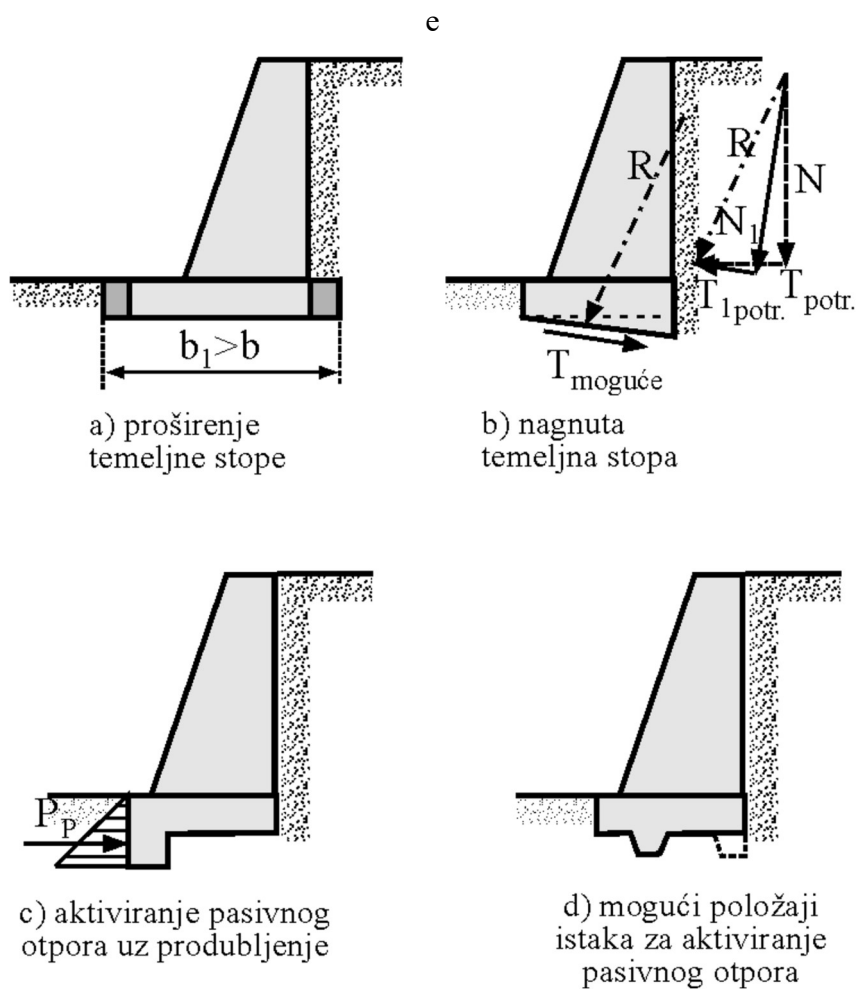
$F_s$  – faktor sigurnosti na klizanje

$F_o$  – sile otpora klizanju

$F_p$  – sile koje uzrokuju klizanje



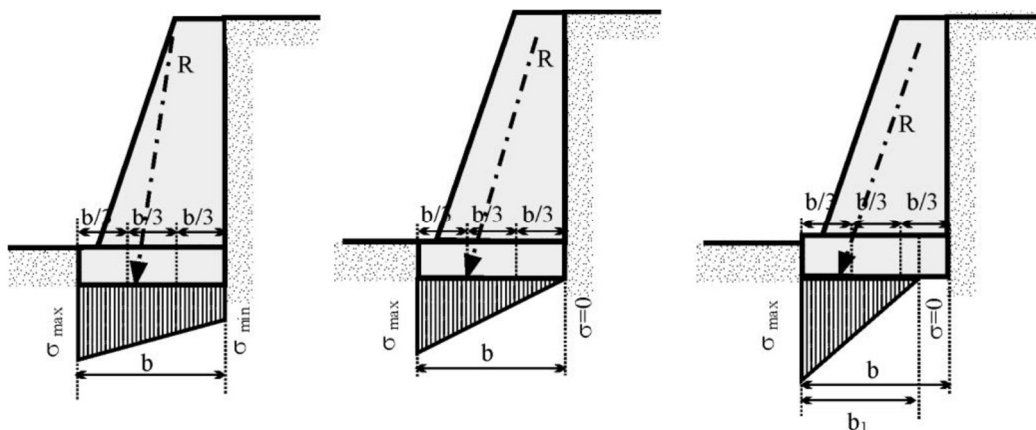
Slika 13 : Statički sustav proračuna na klizanje



Slika 14 : Zahvati na temeljnoj stopi za povećanje faktora sigurnosti

#### 4.4. Provjera nosivosti ispod temelja i diferencijalnog slijeganja

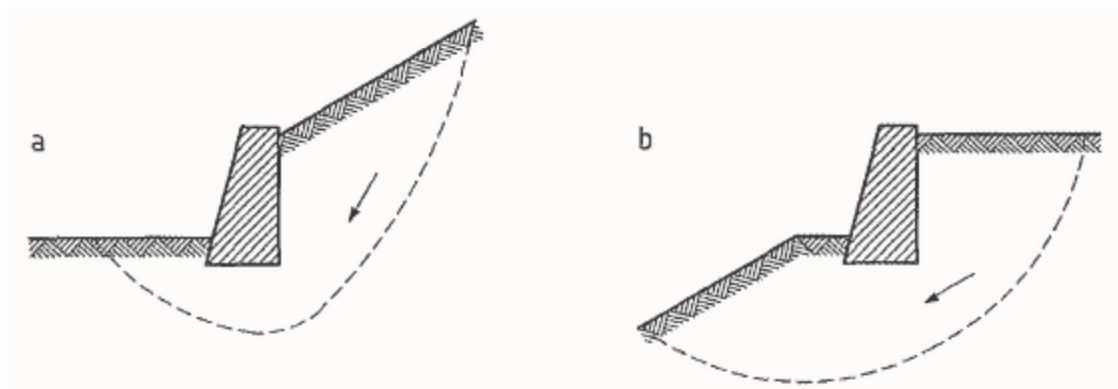
Slom tla ispod temeljne stope nastaje uslijed prekoračenja njegove nosivosti. Potporni zidovi, kao i temeljne stope opterećene su ekscentrično, a rezultanta svih sila je nagnuta pod nekim kutom u odnosu  $\alpha$  na horizontalu. Ekscentrični položaj rezultante uvjetuje nejednoliku raspodjelu naprezanja ispod temeljne stope što uzrokuje nejednoliku raspodjelu naprezanja na plohi temelj-tlo.



Slika 15 : Nejednolika raspodjela naprezanja ispod temeljne stope

#### 4.5. Provjera globalne stabilnosti potpornog zida

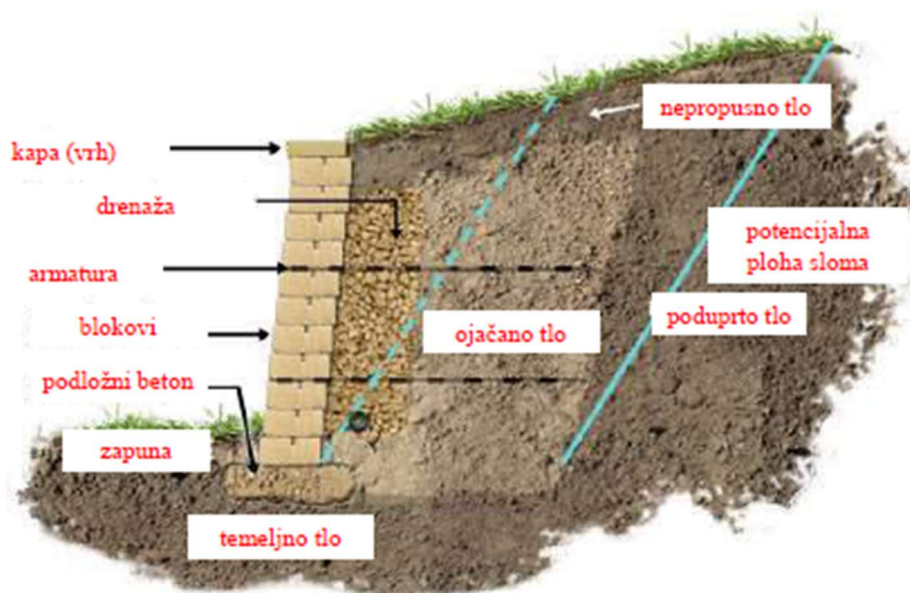
Sastoji se od proračuna stabilnosti potpornog zida kao cjeline, uključujući i okolno tlo, na klizanje. Tipičan problem jest pojava tla s lošijim svojstvima ispod sloja podtemelnog tla.



Slika 16 : Mogući slom plohe tla kod provjere globalne stabilnosti

## 5. Ojačano tlo

Ojačano tlo je složenac u kojem vlačna naprezanja preuzimaju dijelovi armature. Armatura je od gradiva koje ima sposobnost da može na sebe preuzeti vlačna naprezanja. Ojačano tlo se koristi od davnina (stari Egipćani su koristili slamu za ojačanje opeka, stari Mezopotamci su koristili isprepletenu trstiku kao armaturu u blokovima sušenog blata na Suncu pri izgradnji poznatog zigurata iz Ur-a). Ovakvo tlo nije izum čovjeka jer postoje slične građevine u prirodi, npr. gnijezdo koje izrađuju ptice sastoji se od blata i travnate armature. Na početku se koristila armatura organskog podrijetla, koje su bile poznate još od davnina: trava, slama, granje, trupci za svladavanje blatnjavih dionica puteva i sl. Pojavom čelika počeli su se izrađivati i ozbiljniji pokušaji. No, ovdje imamo pojavu novog problema koji se rješava putem, a to je korozija. Najpoznatija vrsta ojačanog tla jest armirano tlo, zatim tehnologija ugradnje zatega učvršćenih na oba kraja i iglano ili čavlando tlo. Ovdje se još može uvrstiti i mlazno injektiranje i mikropilote koji proširuju tehnologiju izrade ojačanog tla. U daljnjem tekstu ćemo detaljnije razmatrati armirano tlo [1,6].



Slika 17 : Poprečni presjek ojačanog tla [6]

## 5.1. Armirano tlo

Kao potporna građevina od armiranog tla smatra se ona vrsta gradnje kod koje ugrađena armatura prenosi naprezanja trenjem po dodirnoj površini između tla u nasipu i armature. Armaturu i nasip može se smatrati kao jedno tijelo koje djeluje kao gravitacijski potporni zid s određenim posebnostima. U osnovi, ovakve građevine mogu se smatrati i kao nasute građevine, u koje se tijekom nasipavanja i zbijanja ugrađuju vlačni elementi (armature). Armirano tlo možemo primijeniti u raznim zahvatima:

- kao potporni zidovi koji drže nasipe
- upornjaci mostova
- nasutih brana, obrambenih nasipa
- naselja na kosini
- vojnih građevina (bunkera)
- sportskih građevina (npr. skakaonice za ski-skokove)...

Lice građevina od armiranog tla ima više estetsku ulogu. U preuzimanju opterećenja ima zanemarivu ulogu te bi praktički ove građevine mogle biti nosive i bez lica. Iz tog razloga mogućnosti za oblikovanje lica građevine su neograničene. Mogu se izvoditi od prefabriciranih L elemenata, od vreća geotekstila punjenih tlom te kasnije obložiti opekom, kamenom ili zasaditi biljke.



Slika 18 : Primjer ojačanog tla iz Rusije

## 5.2. Dimenzioniranje potpornih građevina od armiranog tla

Za armirano tlo je potrebno provjeriti proračune za vanjsku i unutarnju stabilnost.

Vanjsku stabilnost čine proračuni na:

- klizanje
- prevrtanje oko vanjske točke
- naprezanje tla ispod vanjskog lica građevine i usporediti s nosivošću tla
- opću stabilnost.

Unutarnju stabilnost čine proračuni na:

- pucanje armature
- proklizavanje, čupanje armature i kidanje na mjestu usidrenja
- razne oblike deformacija svojstvene samo ovim potpornim građevinama



## 6. Zagati

Zagati su građevine namijenjene obrani gradilišta od vanjske vode (može biti mirna – jezero i tekuća - rijeka). Razlikuju se od ostalih potpornih građevina činjenicom da su uvijek opterećeni hidrostatskim tlakom, dok mogu, ali i ne moraju biti opterećeni tlom. Zbog toga se zagate projektira da budu vodonepropusni, odnosno vododrživi. Vododrživost se postiže ugradnjom vodonepropusnih materijala. Zagati se hidrostatskom tlaku odupiru vlastitom težinom to jest ponašaju se kao gravitacijske potporne građevine [1].

Zagati su privremene građevine koje gube svoju ulogu kada se izgradi glavna građevina, ali ih usprkos tome projektira, dimenzionira i izvodi kao trajne građevine jer se promatra njihova vododrživost i uporabni vijek trajanja. Izrazito je bitno pažljivo dimenzionirati i izvesti zagat jer oštećenjem ili čak rušenjem zagata uzrokuje velike materijalne štete i ljudske žrtve. Najsloženiji su zagati koji se izvode u tekućoj vodi. Jedna od podjela zagata su oni zagati koji su opkoljeni vodom zagat-otok, a građevina se izvodi u zaštićenom i suhom prostoru (najčešće se koristi kod građenja stupova mosta) te zagate koji su opterećeni hidrostatskim tlakom samo s jedne strane dok je s druge strane zagata gradilište.



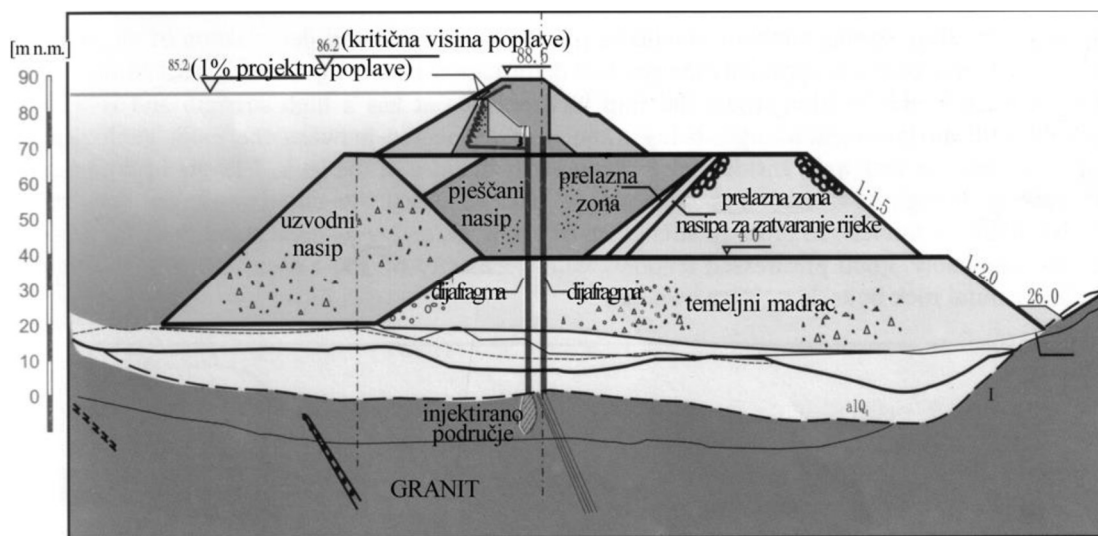
Slika 19 : Primjer zagata okruženog morem [1]

Zagati se dijele u tri skupine:

- nasuti zagati s ili bez vodonepropusnog dijela
- čelično ili drveno žmurje, samo ili u kombinaciji s nasipom i/ili zasipom
- ostali.

### 6.1. Nasuti zagati

Nasuti zagati mogu biti od kamenog, zemljanog ili kombiniranog materijala te s ili bez vodonepropusne barijere. Mogu se izvesti svugdje gdje nema ograničenog prostora i ekonomski je opravdano. Često se znaju i uklopiti u gotovu građevinu, na primjer, kod velikih nasutih brana. Primjer velikog građevinskog zahvata i nasutog zagata je brana Tri klanca u Kini. Na sljedećoj slici je prikazan uzvodni zagat za izvedbu sjevernog dijela brane dok se južni dio brane izveo nakon propuštanja vode kroz sjeverni dio pod zaštitom betonskog zagata.



Slika 20 : Nasuti zagat kod brane Tri Klanca u Kini [1]

Proračun nasutih zagata sadrži sve proračune koji se rade i za velike nasute brane:

- proračun procjeđivanja kroz zagat
- proračun procjeđivanja ispod zagata
- analize stabilnosti uzvodnog i nizvodnog pokosa
- proračun slijeganja od vlastite težine
- proračun slijeganja zagat uslijed slijeganja temeljnog tla opterećenog zagatom

- proračun utjecaja valova
- proračun potrebnog nadvišenja zbog slijeganja i valova.

Nasuti zagati se izvode nasipavanjem u mirnoj ili tekućoj vodi. Nasipavanje se u pravilu vrši s čela bez zbijanja te zbog toga primaju kutove prirodnog pokosa materijala koji se nasipava u potopljenim uvjetima.

## 6.2. Zagati od drvenog i čeličnog žmurja

Žmurje ili talpe su drvene, čelične ili armiranobetonske platice koje se ugrađuju zabijanjem, a zahvaljujući uzdužnim utorima međusobno se povezuju u kontinuiranu stijenu oko građevne jame. Drveno žmurje je bilo najviše u primjeni u 19. stoljeću te je vjerojatno najstariji korišteni materijal za izradu zagata. Danas se rijetko koristi. Čelično žmurje se u današnje vrijeme najviše koristi, pogotovo u zemljama koje imaju razvijenu industriju čelika, npr. Njemačka, Francuska, Nizozemska. Drveno žmurje, ali i čelično, nije pogodno koristiti u tlima s krupnijim komadima kamena. Čelično žmurje možemo koristiti pri izradi privremenih, ali i kod trajnih građevina.



Slika 21 : Postavljanje metalnog žmurja

Za dimenzioniranje zagata u tekućoj vodi potrebno je poznavati:

- razine male i velike vode
- vjerojatni protok i promjena protoka za vrijeme građenja zagata
- učestalost i trajanje leda
- profili dubina
- geotehnički profil temeljnog tla
- podaci o vodopropusnosti, čvrstoći na smicanje i konsolidaciji temeljnog tla
- pozajmišta šljunka i kamenolomi
- kakvoća vode
- mogući utjecaj na okoliš,
- smetanje u riječnom prometu u okolici radilišta.

Kod morske vode neki od prije navedenih podataka nam postaju nepotrebni, ali moramo saznati sljedeće podatke o:

- valovima
- plimi i oseci
- brzini pojave nevremena
- utjecaju brodova, mjesta priveza.

Pri dimenzioniranju zagata potrebno je izvršiti provjeru na sljedeće utjecaje:

- vanjska opterećenja
- procjeđivanje
- eroziju
- nosivost temeljnog tla
- slijeganje
- razliku visine vanjske i unutarnje vode i prelijevanje
- dozvoljene pomake
- trajanje građevine.

## 7. Sidrene potporne građevine

Kod sidrenih građevina glavni nosivi dio je geotehničko sidro. Geotehnička sidra su nosivi elementi ugrađeni u unaprijed izvedene bušotine u tlu ili stijeni. Bitno je napomenuti da su sidra koja se ugrađuju u stijene različita od onih koji se ugrađuju u tlo. Opterećenja preuzimaju sustavom sidara postavljenih iza potencijalnog kliznog klina. Sidrene građevine nemaju temelje te im je oblik prilagođen obliku pokosa kojeg pridržavaju. Najčešća primjena je kod osiguravanja zasljeska u stijenama [2,7].



Slika 22 : Primjena sidra [7]

### 7.1. Geotehničko sidro

Geotehničko sidro je nosivi element pomoću kojega se sile s konstrukcije prenose u tlo ili stijensku masu. Za određivanje vrste sidra ne postoji jedinstvena podjela, već se one razvrstavaju prema osobinama koje ih karakteriziraju.

Podjela:

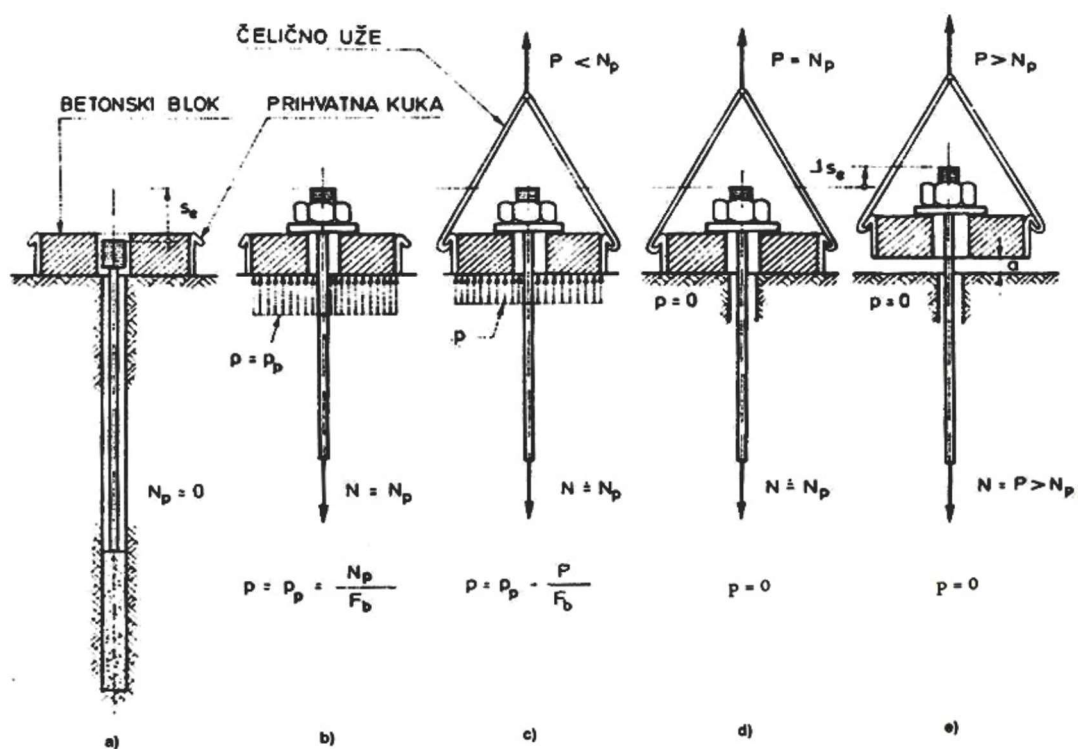
- prema vremenu trajanja: privremena (do 3 godine) i trajna
- prema duljini sidrenja: kratka (1.50-8 m) i dugačka (8-50 m)
- prema karakteru sidrišne dionice: plošna, volumna, točkasta, linijska
- prema prostornoj orijentaciji: vertikalno, koso, horizontalno
- prema načinu aktiviranja: obično ili pasivno i prednapregnuto ili aktivno.

Danas se najčešće pod nazivom geotehničko sidro podrazumijevaju prednapregnuta sidra s linijskim prijenosom sa sidrišta u tlo.

Prednaprezanje se provodi sa svrhom da se:

- sidro po potrebi trenutno aktivira i to putem procesa samonaprezanja
- spriječe eventualni štetni pomaci usidrenog objekta
- provode kontrola uspješnosti izvedbe sidra
- izazovu povoljni efekti uklješćavanja među stijenskim blokovima

Negativna strana prednaprezanja sidra je ista kao i kod prednaprnutog betona, a to jest puzanje materijala, koji se s vremenom postepeno razvija zbog umjetno stvorenog polja naprezanja.



Slika 23 : Princip rada sidra



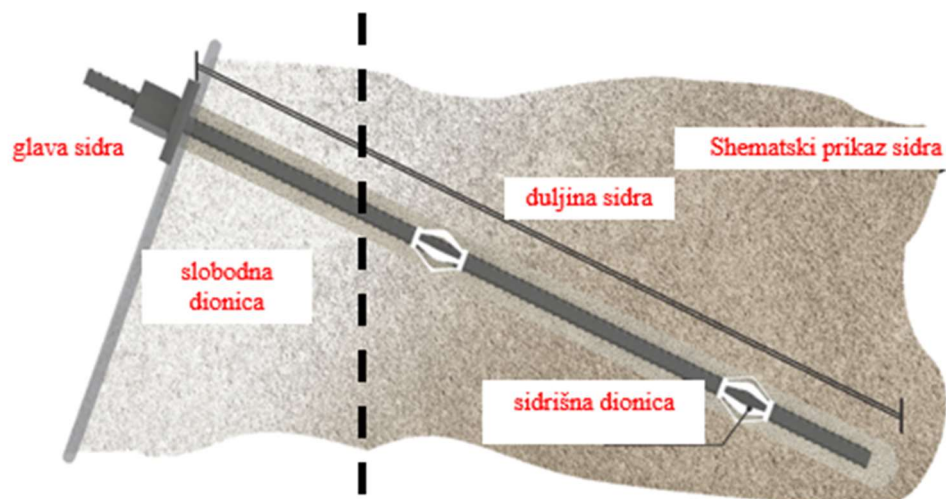
Svako sidro se sastoji od tri glavna dijela:

- slobodne dionice –  $L_{fS}$ ,
- sidrišne dionice –  $L_{aS}$ ,
- glave sidra.

Uloga sidrišne dionice je da prenese sila sa sidra u okolno tlo. Prijenos sile je ostvaren kontaktnom sidro-tlo, odnosno kontaktnim naprežanjem.

Uloga slobodne dionice:

- potreba prijenosa sile u duboko zaleđe iza objekta
- ostvarivanje fleksibilnosti geotehničkog sistema radi ostvarivanja što većeg elastičnog produljenja sidra.



Slika 24 : Dijelovi geotehničkog sidra

## 8. Proračunski zadatak

Zadana su dva potporna zida sa različitim geometrijskim karakteristikama poprečnog presjeka. Kod prvog potpornog zida nožica zida se nalazi iza zida, a kod drugog zida ispred zida. Pretpostavljeni materijali od čega je izrađen potporni zid jest beton C30/37 i betonski čelik B500B. U prilogima se nalaze detalji potpornih zidova, plan armature za oba zida te renderi budućeg izgleda projektiranih zidova.

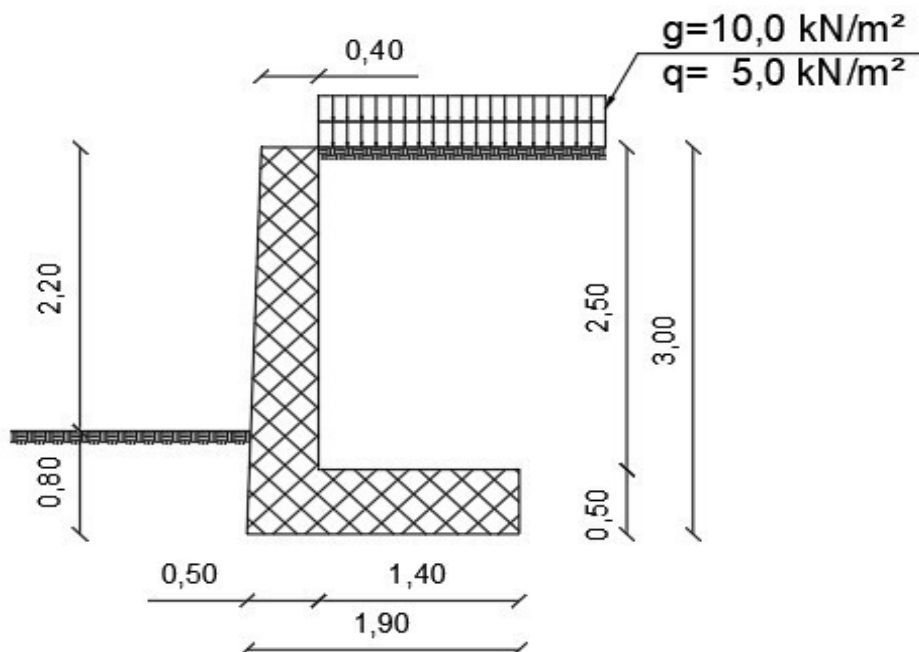
Proračuni su obavljani prema smjernicama iz važećih normi za geotehničko projektiranje: HRN EN 1997-1:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila (*EN 1997-1:2004+AC:2009*), nacionalni dodatak prethodnoj normi HRN EN 1997-1:2012/NA:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila - Nacionalni dodatak, te HRN EN 1998-5:2008 Eurokod 8 - Projektiranje konstrukcija otpornih na potres - 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja (*EN 1998-5:2004*).

Eurokod 7 razlikuje pet graničnih stanja nosivosti: EQU: gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla razmatranog kao kruto tijelo, u kojem čvrstoća konstruktivnog materijala ili tla značajno ne doprinosi otpornosti; STR: slom ili velika deformacija betonske, metalne, drvene ili zidane konstrukcije ili njenog elementa, uključivo temelje, pilote, sidra i potporne zidove, u kojima čvrstoća konstruktivnog materijala bitno pridonosi otpornosti; GEO: slom ili velika deformacija tla pri kojoj čvrstoća tla ili stijene bitno pridonosi otpornosti; UPL: gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla uslijed uzgona vode ili drugih vertikalnih sila; HYD: hidrauličko izdizanje ili hidraulički slom, interna erozija tla uzrokovana hidrauličkim gradijentima.

Za granična stanja nosivosti STR i GEO razvijena su tri pristupa PP1, PP2 i PP3 (slika 8. u poglavlju Projektiranje prema "Eurocode 7"), dok je za ostala granična stanja zadržan jedinstveni pristup. Ta tri pristupa se uglavnom razlikuju po fazi proračuna u kojoj će se primijeniti parcijalni faktori: da li na ulazne podatke (*djelovanja i svojstva materijala*) ili na rezultate proračuna (*učinke djelovanja i otpornosti*). Pristupi proračunu pobliže definiraju varijante izračuna proračunskog djelovanja ( $E_d$ ) i proračunske otpornosti ( $R_d$ ), te daju prijedloge odgovarajućih parcijalnih koeficijenata [3].



## POTPORNI ZID SA NOŽICOM UNUTRA



Dimenzije	
Visina zida	3,00 m
Duljina zida	1,90 m
Širina na vrhu	0,40 m
Širina na dnu	0,50 m
Širina nožice	1,40 m
Širina prepusta	0,00 m
Dubina prednje strane zida	0,80 m
Debljina temelja	0,50 m
Nagib stražnje strane zida	0,00 °
Nagib prednje strane zida	2,00 °

Težina zida	
Obujamska težina materijala	$\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
Površina poprečnog presjeka	$A = 2,050 \text{ m}^2$
Vlastita težina po m'	$W = 51,250 \text{ kN/m'}$
Težište zida	$x_0 = 0,5902 \text{ m}$
	$z_0 = 1,0366 \text{ m}$

Svojstva temeljnog tla	
Nosivost temeljnog tla	$q_u = 0,40 \text{ N/mm}^2$
Kut unutrašnjeg trenja tla	$\varphi = 35,00 \text{ °}$
Kohezija tla	$c = 0,00 \text{ N/mm}^2$

## Potresni koeficijenti

Proračunsko ubrzanje tla	a=	0,18
Tlo faktor	s=	1,00
Faktor važnosti	$\chi$ =	1,00
Faktor reduciranja za potr. keof	r=	1,50

Koeficijent horizontalnog potresnog opterećenja	kh=	0,1200
Koeficijent vertikalnog potresnog opterećenja	kv=	0,0600

### Sile uslijed potresnog opterećenja

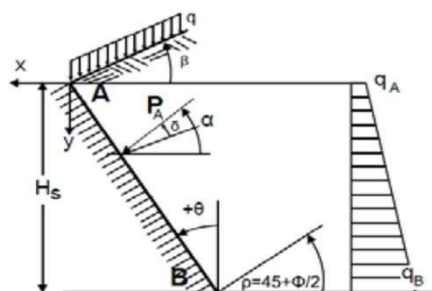
Hor. potresna sila od vl. težine	6,15 kN/m'
Vert. potresna sila od vl. težine	3,08 kN/m'
Hor. potresna sila od zapune	6,72 kN/m'
Vert. potresna sila od zapune	3,36 kN/m'

Pritisak od tla

Dio zida od  $z=0,00$  m do  $z=3,00$  m

Gornja točka A  $x=0,00$  m,  $z=0,00$  m

Donja točka B  $x=0,00$  m,  $z=2,50$  m



Svojstva tla	sitni šljunak
Obujamska težina tla	$\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
Saturirana težina tla	$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Obujamska težina vode	$\gamma = 10,00 \text{ kN/m}^3$
Unutarnji kut trenja tla	$\varphi = 35,00^\circ$
Kohezija tla	$c = 0,00 \text{ N/mm}^2$
Kut nagiba površine	$\beta = 0,00^\circ$
Pritisak tla na vert. površine	$\theta = 0,00^\circ$
Kut trenja tlo-konstrukcija	$\delta = 0,00^\circ$

## Opterećenja na površinu tla

Trajno kontinuirano opterećenje	g=	10,00 kN/cm <sup>2</sup>
Promjenjivo kontinuirano opterećenje	q=	5,00 kN/cm <sup>2</sup>

### Pritisak tla prema Coulombovoj teoriji

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

## Aktivni tlak

	EQU	STR	GEO
Kut plohe sloma	31	27,5	31
Koeficijent KA	0,361	0,271	0,361

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left( 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2}$$

## Pasivni otpor

	EQU	STR	GEO
Kut plohe sloma	59	62,5	59
Koeficijent KP	2,770	3,690	2,770

#### Trajno djelovanje

	EQU	STR	GEO	
Pritisak od tla na vrhu	qA= 3,610	2,710	3,610	kN/m <sup>2</sup>
Pritisak od tla na dnu	qB= 20,940	15,717	20,940	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak	Pa= 36,825	27,641	36,825	kN/m <sup>2</sup>
Kut aktivne sile	$\alpha$ = 0	0	0	°
Aktivni tlak u x smjeru	Pax= 36,825	27,641	36,825	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak u y smjeru	Pay= 0	0	0	kN/m <sup>2</sup>
Moment na vrhu	M= 42,239	31,704	42,239	kNm/m'
Točka djelovanja aktivne sile	x= 3,000 m			
	z= 1,147 m			

#### Promjenjiva djelovanja

	EQU	STR	GEO	
Pritisak od tla na vrhu	qA= 1,805	1,355	1,805	kN/m <sup>2</sup>
Pritisak od tla na dnu	qB= 1,805	1,355	1,805	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak	Pa= 5,416	4,065	5,416	kN/m <sup>2</sup>
Kut aktivne sile	$\alpha$ = 0	0	0	°
Aktivni tlak u x smjeru	Pax= 5,416	4,065	5,416	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak u y smjeru	Pay= 0	0	0	kN/m <sup>2</sup>
Moment na vrhu	M= 8,123	6,097	8,123	kNm/m'
Točka djelovanja aktivne sile	x= 3,000 m			
	z= 1,500 m			

#### Trajno djelovanje

	EQU	STR	GEO	
Pritisak od tla na vrhu	qA= 0	0	0	kN/m <sup>2</sup>
Pritisak od tla na dnu	qB= 35,454	47,234	35,454	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak	Pa= 14,182	18,894	14,182	kN/m <sup>2</sup>
Kut aktivne sile	$\alpha$ = 0	0	0	°
Aktivni tlak u x smjeru	Pax= 14,182	18,894	14,182	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak u y smjeru	Pay= 0	0	0	kN/m <sup>2</sup>
Moment na vrhu	M= 3,782	5,038	3,782	kNm/m'
Točka djelovanja aktivne sile	x= 0,000 m			
	z= 0,267 m			

#### Trajno djelovanje

	EQU	STR	GEO	
Aktivni tlak tla	Pag= 36,825	27,641	36,825	kN/m <sup>2</sup>
Pasivan otpor tla	Pp= 14,182	18,894	14,182	kN/m <sup>2</sup>

#### Promjenjivo djelovanje

	EQU	STR	GEO	
Aktivni tlak tla	Paq= 5,416	4,065	5,416	kN/m <sup>2</sup>

## Potresno opterećenje

Koeficijent horizontalnog potresnog opterećenja	kh=	0,120	$\omega = \tan^{-1} \left( \frac{k_v}{1-k_h} \right)$
Koeficijent vertikalnog potresnog opterećenja	kv=	0,060	
Tlo iznad razine podzemne vode	ω=	7,28 °	

## Metoda Mononobe-Okabe

Koeficijent aktivnog pritiska tla	Ke*=	0,448 *	$\xi = \frac{K_E}{K_{A(str)}} - 1$
Dodatan pritisak zbog potresnog opt.	ξ=	0,652	

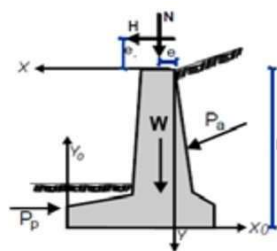
## Parcijalni koeficijenti za djelovanja i svojstva tla

	EQU	STR/GEO (A1+M1)	STR/GEO (A2+M2)	Potresno
<b>Djelovanja</b>				
Trajno povoljno	1,10	1,35	1,00	1,00
Trajno nepovoljno	0,90	1,00	1,00	1,00
Promjenjivo povoljno	1,50	1,50	1,30	1,00
Promjenjivo nepovoljno	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Parametri tla</b>				
Kut trenja	1,25	1,00	1,25	1,25
Efektivna kohezija	1,25	1,00	1,35	1,25
Nedrenirana i jednoosna čvrstoća	1,40	1,00	1,40	1,40
Čvrstoća	1,40	1,00	1,40	1,40
Gustoća	1,00	1,00	1,00	1,00

## Provjera stabilnosti zida (EQU)

Djelujuće sile na zid

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	36,825	0	1,90	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	5,416	0	1,90	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	14,182	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	0	51,25	0,5902	1,0366
Zapuna	Ws	0	56,00	1,20	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	0	14,00	1,20	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0	7,00	1,20	3,00



Provjera nosivosti tla (EQU)

Provjera za  $0,90 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 0,00 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,10·Pag	40,508	0	1,90	1,147	46,463
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	8,123	0	1,90	1,50	12,185
Pasivan otpor tla (trajno)	0,90·Pp	12,763	0,00	0,0000	0,2667	3,404
Težina zida	0,90·W	0	46,13	0,5902	1,0366	27,223
Zapuna	0,90·Ws	0	50,40	1,20	1,75	60,480
Opterećenje (trajno)	0,90·Wg	0	12,60	1,20	3,00	15,120
			109,13			-47,579

Suma vertikalnih sila = 109,125 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -47,579 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = 56,090 kNm/m'

Ekscentricitet  $e = 49,606 / 107,440 = 0,5140$  m,  $e > 1,8/6 = 0,3000$  m

Efektivna duljina temelja  $L' = B - 2e = 0,8720$  m

Tlo nosivost  $R_d = (L' \cdot q_u) / \gamma M = 249,1456$  kN/m'

Nosivost provjera	Vd= 109,125 <	249,146 kN/m'	ZADOVOLJAVA	Fs= 2,28
-------------------	---------------	---------------	-------------	----------

Provjera za  $1,10 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 1,50 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,10·Pag	40,508	0	1,90	1,147	46,463
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	8,123	0	1,90	1,50	12,185
Pasivan otpor tla (trajno)	1,10·Pp	15,600	0	0,00	0,2667	4,160
Težina zida	1,10·W	0	56,38	0,5902	1,0366	33,273
Zapuna	1,10·Ws	0	61,60	1,20	1,75	73,92
Opterećenje (trajno)	0,90·Wg	0	12,60	1,20	3,00	15,12
Opterećenje (promjenjivo)	1,50·Wq	0	10,50	1,20	3,00	12,60
			141,08			-80,425

Suma vertikalnih sila = 141,075 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -80,425 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = 53,596 kNm/m'

Ekscentricitet  $e=45,404/139,290=$  0,3799 m,  $e > 1,8/6=$  0,3000 m  
 Efektivna duljina temelja  $L'=B-2e=$  1,1402 m  
 Tlo nosivost  $R_d=(L' \cdot q_u)/\gamma M=$  325,7636 kN/m'

Nosivost provjera  $V_d=$  141,075 < 325,764 kN/m' ZADOVOLJAVA  $F_s=$  2,31

#### Provjera sloma zbog prevrtanja (EQU)

Prevrtanje s obzirom na nožicu ( $x_0=0,00$  m,  $z_0=0,00$  m)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']	$x_0$ [m]	$z_0$ [m]	$M_+$ [kNm/m']	$M_-$ [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,10·Pag	40,508	0	1,90	1,147	46,463	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	8,123	0	1,90	1,50	12,185	0
Pasivan otpor tla (trajno)	0,90·Pp	12,763	0	0,00	0,2667	3,404	0
Težina zida	0,90·W	0	46,13	0,5902	1,0366	0,000	27,223
Zapuna	0,90·Ws	0	50,40	1,20	1,75	0,000	60,48
Opterećenje (trajno)	0,90·Wg	0	12,60	1,20	3,00	0,000	15,12
Suma=						58,648	106,227

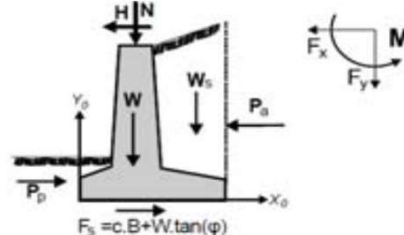
Suma od momenata prevrtanja = 58,648 kN/m'

Suma od momenata otpora prevrtanju = 106,227 kN/m'

Prevrtanje provjera Med = 58,648 < Mrd = 106,227 kN/m' ZADOVOLJAVA,  $F_s=$  1,81

#### Provjera sloma zbog klizanja (EQU)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,10·Pag	40,508	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	8,123	0
Pasivan otpor tla (trajno)	0,90·Pp	12,763	0
Težina zida	0,90·W	0	46,13
Zapuna	0,90·Ws	0	50,40
Opterećenje (trajno)	0,90·Wg	0	12,60
Suma=		35,868	109,125



Trenje tla  $R_d=N_d \cdot \tan(\varphi/\gamma M)=$  58,023 kN/m'

Suma djelujuće sile = 35,868 kN/m'

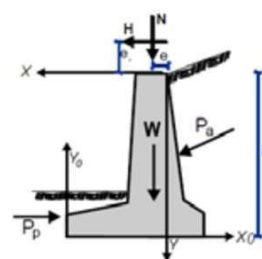
Suma sile otpora = 58,023 kN/m'

Klizanje provjera Hd = 35,868 < Rd = 58,023 kN/m' ZADOVOLJAVA,  $F_s=$  1,62

## Provjera stabilnosti zida (STR/GEO A1+M1)

Djelujuće sile na zid

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	27,641	0	1,90	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	4,065	0	1,90	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	18,894	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	0	51,25	0,5902	1,0366
Zapuna	Ws	0	56,00	1,20	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	0	14,00	1,20	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0	7,00	1,20	3,00



Provjera nosivosti tla (STR/GEO A1+M1)

Provjera za  $1,00 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 0,00 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,35·Pag	37,315	0	1,90	1,147	42,801
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	6,097	0	1,90	1,50	9,146
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	18,894	0	0,00	0,2667	5,038
Težina zida	1,00·W	0	51,25	0,5902	1,0366	30,248
Zapuna	1,00·Ws	0	56,00	1,20	1,75	67,200
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	14,00	1,20	3,00	16,800
			121,25			-67,339

Suma vertikalnih sila = 121,250 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -67,339 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = 47,848 kNm/m'

Ekscentricitet  $e = 40,644 / 119,380 = 0,3946$   $e > 1,8/6 = 0,3000$  m

Efektivna duljina temelja  $L' = B - 2e = 1,1108$  m

Tlo nosivost  $R_d = (L' \cdot q_u) / \gamma M = 317,3583$  kN/m'

Nosivost provjera	Vd= 121,250 <	317,358 kN/m'	ZADOVOLJAVA	Fs= 2,62
-------------------	---------------	---------------	-------------	----------

Provjera za  $1,35 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 1,50 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,35·Pag	27,641	0	1,90	1,147	31,704
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	4,065	0	1,90	1,50	6,097
Pasivan otpor tla (trajno)	1,35·Pp	18,894	0	0,00	0,2667	5,038
Težina zida	1,35·W	0	51,25	0,5902	1,0366	30,248
Zapuna	1,35·Ws	0	56,00	1,20	1,75	67,20
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	14,00	1,20	3,00	16,80
Opterećenje (promjenjivo)	1,50·Wq	0	7,00	1,20	3,00	8,40
			128,25			-89,885

Suma vertikalnih sila = 128,250 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -89,885 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = 31,953 kNm/m'

Ekscentricitet  $e=24,505/126,625= 0,2491 \text{ m}$ ,  $e \leq 1,8/6= 0,3000 \text{ m}$   
 Efektivna dužina temelja  $L'=B-2e= 1,4017 \text{ m}$   
 Tlo nosivost  $R_d=(L' \cdot q_u)/\gamma M= 400,488 \text{ kN/m'}$

Nosivost provjera  $V_d= 128,250 < 400,488 \text{ kN/m'}$  ZADOVOLJAVA  $F_s= 3,12$

#### Provjera sloma zbog prevrtanja (STR/GEO A1+M1)

Prevrtanje s obzirom na nožicu ( $x_0=0,00 \text{ m}$ ,  $z_0=0,00 \text{ m}$ )

Djelovanje		$F_x \text{ [kN/m']}$	$F_z \text{ [kN/m']}$	$x_0 \text{ [m]}$	$z_0 \text{ [m]}$	$M^+ \text{ [kNm/m']}$	$M^- \text{ [kNm/m']}$
Aktivni pritisak tla (trajno)	$1,35 \cdot P_{ag}$	37,315	0	1,90	1,147	42,801	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	$1,50 \cdot P_{aq}$	6,097	0	1,90	1,50	9,146	0
Pasivan otpor tla (trajno)	$1,00 \cdot P_p$	18,894	0	0,00	0,2667	5,038	0
Težina zida	$1,00 \cdot W$	0	51,25	0,5902	1,0366	0,000	30,248
Zapuna	$1,00 \cdot W_s$	0	56,00	1,20	1,75	0,000	67,2
Opterećenje (trajno)	$1,00 \cdot W_g$	0	14,00	1,20	3,00	0,000	16,8
Suma=						51,947	119,286

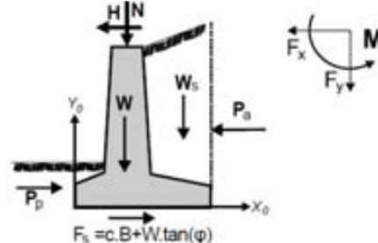
Suma od momenata prevrtanja = 51,947 kNm/m'

Suma od momenata otpora prevrtanju = 119,286 kNm/m'

Prevrtanje provjera  $M_{ed} = 51,947 < M_{rd} = 119,286 \text{ kNm/m'}$  ZADOVOLJAVA,  $F_s= 2,30$

#### Provjera sloma zbog klizanja (STR/GEO A1+M1)

Djelovanje		$F_x \text{ [kN/m']}$	$F_z \text{ [kN/m']}$
Aktivni pritisak tla (trajno)	$1,35 \cdot P_{ag}$	37,315	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	$1,50 \cdot P_{aq}$	6,097	0
Pasivan otpor tla (trajno)	$1,00 \cdot P_p$	18,894	0
Težina zida	$1,00 \cdot W$	0	51,25
Zapuna	$1,00 \cdot W_s$	0	56,00
Opterećenje (trajno)	$1,00 \cdot W_g$	0	14,00
Suma=		24,519	121,25



Trenje tla  $R_d=N_d \cdot \tan(\varphi/\gamma M)= 75,231 \text{ kN/m'}$

Suma djelujuće sile = 24,519 kN/m'

Suma sile otpora = 75,231 kN/m'

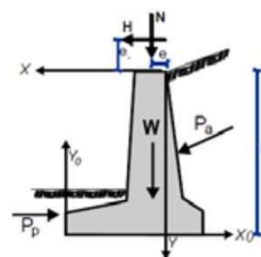
Klizanje provjera  $H_d = 24,519 < R_d = 75,231 \text{ kN/m'}$  ZADOVOLJAVA,  $F_s= 3,07$



## Provjera stabilnosti zida (STR/GEO A2+M2)

Djelujuće sile na zid

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	36,825	0	1,90	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	5,416	0	1,90	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	14,182	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	0	51,25	0,5902	1,0366
Zapuna	Ws	0	56,00	1,20	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	0	14,00	1,20	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0	7,00	1,20	3,00



Provjera nosivosti tla (STR/GEO A2+M2)

Provjera za  $1,00 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 0,00 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	36,825	0	1,90	1,147	42,239
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,30·Paq	7,040	0	1,90	1,50	10,560
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	14,182	0	0,00	0,2667	3,782
Težina zida	1,00·W	0	51,25	0,5902	1,0366	30,248
Zapuna	1,00·Ws	0	56,00	1,20	1,75	67,200
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	14,00	1,20	3,00	16,800
			121,25			-65,231

Suma vertikalnih sila = 121,250 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -65,231 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = 49,957 kNm/m'

Ekscentricitet  $e = 42,753 / 119,380 = 0,4120$  m,  $e > 1,8/6 = 0,3000$  m

Efektivna duljina temelja  $L' = B - 2e = 1,0760$  m

Tlo nosivost  $R_d = (L' \cdot q_u) / \gamma M = 307,4192$  kN/m'

Nosivost provjera	Vd= 121,250 <	307,419 kN/m'	ZADOVOLJAVA	Fs= 2,54
-------------------	---------------	---------------	-------------	----------

Provjera za  $1,00 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 1,30 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	36,825	0	1,90	1,147	42,239
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,30·Paq	7,040	0	1,90	1,50	10,560
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	14,182	0	0,00	0,2667	3,782
Težina zida	1,00·W	0	51,25	0,5902	1,0366	30,248
Zapuna	1,00·Ws	0	56,00	1,20	1,75	67,20
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	14,00	1,20	3,00	16,80
Opterećenje (promjenjivo)	1,30·Wq	0	9,10	1,20	3,00	10,92
			130,35			-76,151

Suma vertikalnih sila = 130,350 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -76,151 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = 47,682 kNm/m'

Ekscentricitet  $e=40,161/128,80=$  0,3658 m,  $e > 1,8/6=$  0,3000 m  
 Efektivna duljina temelja  $L'=B-2e=$  1,1684 m  
 Tlo nosivost  $R_d=(L' \cdot q_u)/\gamma M=$  333,8287 kN/m'

Nosivost provjera	$V_d=$ 130,350 < 333,829 kN/m'	ZADOVOLJAVA	$F_s=$ 2,56
-------------------	--------------------------------	-------------	-------------

#### Provjera sloma zbog prevrtanja (STR/GEO A2+M2)

Prevrtanje s obzirom na nožicu ( $x_0=0,00$  m,  $z_0=0,00$  m)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']	$x_0$ [m]	$z_0$ [m]	$M_+$ [kNm/m']	$M_-$ [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	36,825	0	1,90	1,147	42,239	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,30·Paq	7,040	0	1,90	1,50	10,560	0
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	14,182	0	0,00	0,2667	3,782	0
Težina zida	1,00·W	0	51,25	0,5902	1,0366	0,000	30,24775
Zapuna	1,00·Ws	0	56,00	1,20	1,75	0,000	67,2
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	14,00	1,20	3,00	0,000	16,8
Suma=						52,799	118,029

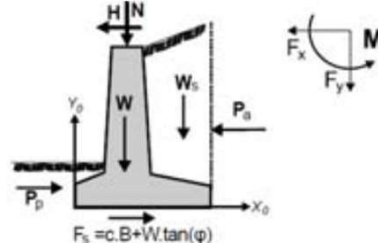
Suma od momenata prevrtanja = 52,799 kN/m'

Suma od momenata otpora prevrtanju = 118,029 kN/m'

Prevrtanje provjera	$M_{ed} =$ 52,799 < $M_{rd} =$ 118,029 kN/m'	ZADOVOLJAVA, $F_s=$ 2,24
---------------------	--	--------------------------

#### Provjera sloma zbog klizanja (STR/GEO A2+M2)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	36,825	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,30·Paq	7,040	0
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	14,182	0
Težina zida	1,00·W	0	51,25
Zapuna	1,00·Ws	0	56,00
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	14,00
Suma=		29,684	121,25



Trenje tla  $R_d=N_d \cdot \tan(\varphi/\gamma M)=$  64,470 kN/m'

Suma djelujuće sile = 29,684 kN/m'

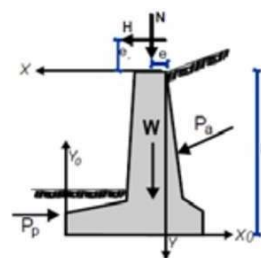
Suma sile otpora = 64,470 kN/m'

Klizanje provjera	$H_d =$ 29,684 < $R_d =$ 64,470 kN/m'	ZADOVOLJAVA, $F_s=$ 2,17
-------------------	---------------------------------------	--------------------------

## Potresni proračun

Provjera stabilnosti zida (sa potresnim opterećenjem)

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	27,641	0	1,90	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	4,065	0	1,90	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	18,894	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	0	51,25	0,5902	1,0366
Zapuna	Ws	0	56,00	1,20	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	0	14,00	1,20	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0	7,00	1,20	3,00



Dodatne sile zbog potresnog opterećenja

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	18,014	0	1,90	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	2,649	0	1,90	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	12,313	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	6,15	3,08	0,5902	1,0366
Zapuna	Ws	6,72	3,36	1,20	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	1,68	0,84	1,20	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0,84	0,42	1,20	3,00

Provjera nosivosti tla (sa potresnim opterećenjem)

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	45,655	0	1,90	1,147	52,367
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	0,30·Paq	2,014	0	1,90	1,50	3,021
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	31,207	0	0,00	0,2667	8,322
Težina zida	1,00·W	6,15	54,33	0,5902	1,0366	32,063
Zapuna	1,00·Ws	6,72	59,36	1,20	1,75	71,232
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	1,68	13,16	1,20	3,00	15,792
Opterećenje (promjenjivo)	0,30·Wq	0,25	1,97	1,20	3,00	2,369
						128,819
						-74,389

Suma vertikalnih sila = 128,819 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -74,389 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = 71,920 kNm/m'

Ekscentricitet  $e = 63,869 / 126,842 = 0,5583$  m,  $e > 1,8/6 = 0,3000$  m

Efektivna duljina temelja  $L' = B - 2e = 0,7834$  m

Tlo nosivost  $R_d = (L' \cdot q_u) / \gamma M = 223,8286$  kN/m'

Nosivost provjera  $V_d = 128,819 < 223,829$  kN/m' ZADOVOLJAVA  $F_s = 1,74$

### Provjera sloma zbog prevrtanja (sa potresnim opterećenjem)

Prevrtanje s obzirom na nožicu ( $x_0=0,00$  m,  $z_0=0,00$  m)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']	$x_0$ [m]	$z_0$ [m]	$M_+$ [kNm/m']	$M_-$ [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	$1,00 \cdot P_{ag}$	45,655	0	1,90	1,147	52,367	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	$0,30 \cdot P_{aq}$	2,014	0	1,90	1,50	3,021	0
Pasivan otpor tla (trajno)	$1,00 \cdot P_p$	31,207	0	0,00	0,2667	8,322	0
Težina zida	$1,00 \cdot W$	6,15	54,33	0,5902	1,0366	6,375	32,063
Zapuna	$1,00 \cdot W_s$	6,72	59,36	1,20	1,75	11,76	71,23
Opterećenje (trajno)	$1,00 \cdot W_g$	1,68	13,16	1,20	3,00	5,04	15,79
Opterećenje (promjenjivo)	$0,30 \cdot W_q$	0,25	1,97	1,20	3,00	0,76	2,37
Suma=						79,319	129,777

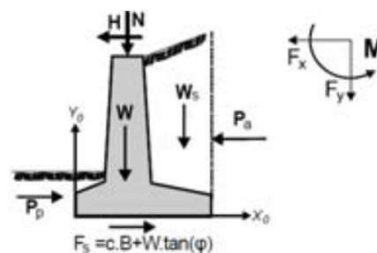
Suma od momenata prevrtanja = 79,319 kN/m'

Suma od momenata otpora prevrtanju = 129,777 kN/m'

Prevrtanje provjera  $Med = 79,319 < Mrd = 129,777$  kN/m' ZADOVOLJAVA,  $F_s = 1,64$

### Provjera sloma zbog klizanja (sa potresnim opterećenjem)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	$1,00 \cdot P_{ag}$	45,655	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	$0,30 \cdot P_{aq}$	2,014	0
Pasivan otpor tla (trajno)	$1,00 \cdot P_p$	31,207	0
Težina zida	$1,00 \cdot W$	6,15	54,33
Zapuna	$1,00 \cdot W_s$	6,72	59,36
Opterećenje (trajno)	$1,00 \cdot W_g$	1,68	13,16
Opterećenje (promjenjivo)	$0,30 \cdot W_q$	0,25	1,97
Suma=		31,264	128,82



Trenje tla  $R_d = N_d \cdot \tan(\phi/\gamma M) = 68,494$  kN/m'

Suma djelujuće sile = 31,264 kN/m'

Suma sile otpora = 68,494 kN/m'

Klizanje provjera  $H_d = 31,264 < R_d = 68,494$  kN/m' ZADOVOLJAVA,  $F_s = 2,19$

# DIMENSIONIRANJE

## DIMENSIONIRANJE VERTIKALNOG ZIDA

-klasa betona: C30/37

-čelik: B500B

Pretpostavke:  $\phi_a = 10 \text{ mm}$

$h = 40 \text{ cm}$

$c_{nom} = 5 \text{ cm}$

Udaljenost od težišta armature:  $d_x = c_{nom} + \phi_{a,y} + \frac{\phi_v}{2} = 5 + 1 + 0,4 = 6,6 \text{ cm}$

Statička visina:  $d_x = h - d_x = 40 - 6,6 = 33,4 \text{ cm}$

Računska čvrstoća betona:  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{3,00}{1,50} = 2,00 \text{ kN/cm}^2$

Računska čvrstoća armature:  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50}{1,15} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$

Minimalna armatura:

$A_{s,min,x} = 0,0224 \cdot \frac{f_{ckk}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x = 0,0224 \cdot \frac{3,70}{43,48} \cdot 100 \cdot 33,4 = 6,36 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$

$A_{s,min,x} = \frac{0,6 \cdot b \cdot d_x}{f_{yk}} = \frac{0,6 \cdot 100 \cdot 33,4}{500} = 4,01 \text{ cm}^2$

$A_{s,min,x} = 0,0015 \cdot b \cdot d_x = 0,0015 \cdot 100 \cdot 33,4 = 5,01 \text{ cm}^2$

Maksimalna armatura:

$A_{s,max,x} = 0,31 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x = 0,31 \cdot \frac{2,00}{43,48} \cdot 100 \cdot 33,4 = 47,63 \text{ cm}^2$

## DIMENSIONIRANJE ARMATURE

$M_u = 48,08 \text{ kNm}$

Bezdimenzionalan koeficijent armiranja:

$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4808}{100 \cdot 33,4^2 \cdot 2,00} = 0,022 < \mu_{Rd,lim} = 0,252$

Odabrano:  $\mu_{sd} = 0,023$

$\zeta = 0,980$

Potrebna armatura:

$$A_{s1,x} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}} = \frac{4808}{0,980 \cdot 33,4 \cdot 43,48} = 3,38 \text{ cm}^2 < A_{s,min,x} = 6,36 \text{ cm}^2$$

Odabrano : mreža R-636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2$ )

### DIMENZIONIRANJE TEMELJNE PLOČE

Udaljenost od težišta armature:  $d_x = c_{nom} + \phi_{a,y} + \frac{\phi_v}{2} = 5 + 1 + 0,4 = 6,6 \text{ cm}$

Statička visina:  $d_x = h - d_x = 50 - 6,6 = 43,4 \text{ cm}$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min,x} = 0,0224 \cdot \frac{f_{ckk}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x = 0,0224 \cdot \frac{3,70}{43,48} \cdot 100 \cdot 43,4 = 8,27 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s,min,x} = \frac{0,6 \cdot b \cdot d_x}{f_{yk}} = \frac{0,6 \cdot 100 \cdot 43,4}{500} = 5,21 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min,x} = 0,0015 \cdot b \cdot d_x = 0,0015 \cdot 100 \cdot 43,4 = 6,51 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,max,x} = 0,31 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x = 0,31 \cdot \frac{2,00}{43,48} \cdot 100 \cdot 43,4 = 62,46 \text{ cm}^2$$

### DIMENZIONIRANJE ARMATURE

$$M_u = 89,25 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalan koeficijent armiranja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8925}{100 \cdot 43,4^2 \cdot 2,00} = 0,024 < \mu_{Rd,lim} = 0,252$$

Odabrano:  $\mu_{sd} = 0,026$

$$\zeta = 0,978$$

Potrebna armatura:

$$A_{s1,x} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}} = \frac{8925}{0,978 \cdot 43,4 \cdot 43,48} = 4,84 \text{ cm}^2 < A_{s,min,x} = 8,27 \text{ cm}^2$$

Odabrano :  $\phi 14/15 \text{ cm}$  ( $A_s = 10,26 \text{ cm}^2$ )

Razdjelna armatura:

$$A_{\text{raz}} = 0,20 \cdot A_{s,\text{od}} = 0,20 \cdot 10,26 = 2,05 \text{ cm}^2$$

Odabrano :  **$\phi 10/20 \text{ cm}$  ( $A_s = 3,93 \text{ cm}^2$ )**

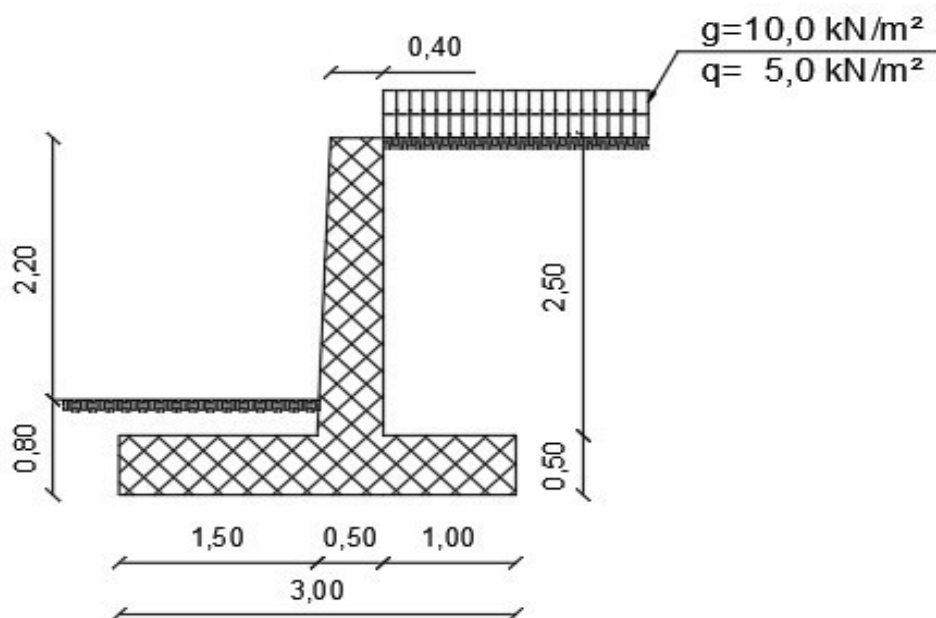
Određivanje duljine sidrenja

$$l_b = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{bd} \cdot u} = \frac{\Phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{1.4 \cdot 43.48}{4 \cdot 0.3} = 50,0 \text{ cm} \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$l_{b,\text{net}} = \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,\text{req}}}{A_{s,\text{prov}}} = 1 \cdot 50 \cdot \frac{8,27}{10,26} = 40,30 \text{ cm}$$

$$l_{b,\text{min}} = 0.3 \cdot \alpha_a \cdot l_{b,\text{net}} = 0,3 \cdot 1 \cdot 40,30 = 12,09 \text{ cm}$$

## POTPORNI ZID SA NOŽICOM VAN



Dimenzije	
Visina zida	3,00 m
Duljina zida	3,00 m
Širina na vrhu	0,40 m
Širina na dnu	0,50 m
Širina nožice	1,50 m
Širina prepusta	1,00 m
Dubina prednje strane zida	0,80 m
Debljina temelja	0,50 m
Nagib stražnje strane zida	0,00 °
Nagib prednje strane zida	2,00 °

Težina zida	
Obujamska težina materijala	$\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
Površina poprečnog presjeka	$A = 2,625 \text{ m}^2$
Vlastita težina po m'	$W = 65,625 \text{ kN/m'}$
Težište zida	$x_0 = 1,6175 \text{ m}$
	$z_0 = 0,8730 \text{ m}$

Svojstva temeljnog tla	
Nosivost temeljnog tla	$q_u = 0,40 \text{ N/mm}^2$
Kut unutrašnjeg trenja tla	$\varphi = 35,00^\circ$
Kohezija tla	$c = 0,00 \text{ N/mm}^2$



## Potresni koeficijenti

Proračunsko ubrzanje tla	a=	0,18
Tlo faktor	s=	1,00
Faktor važnosti	$\chi$ =	1,00
Faktor reduciranja za potr. keof	r=	1,50

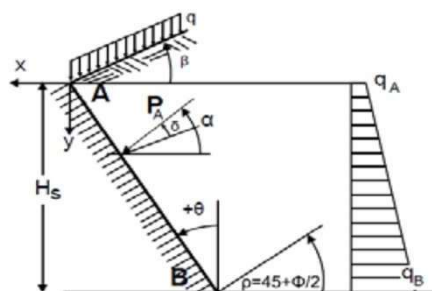
Koeficijent horizontalnog potresnog opterećenja	kh=	0,1200
Koeficijent vertikalnog potresnog opterećenja	kv=	0,0600

### Sile uslijed potresnog opterećenja

Hor. potresna sila od vl. težine	7,88 kN/m'
Vert. potresna sila od vl. težine	3,94 kN/m'
Hor. potresna sila od zapune	4,80 kN/m'
Vert. potresna sila od zapune	2,40 kN/m'

## Pritisak od tla

Dio zida od  $z=0,00$  m do  $z=3,00$  m  
Gornja točka A  $x=0,00$  m,  $z=0,00$  m  
Donja točka B  $x=0,00$  m,  $z=2,50$  m



Svojstva tla	sitni šljunak
Obujamska težina tla	$\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
Saturirana težina tla	$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Obujamska težina vode	$\gamma = 10,00 \text{ kN/m}^3$
Unutarnji kut trenja tla	$\varphi = 35,00^\circ$
Kohezija tla	$c = 0,00 \text{ N/mm}^2$
Kut nagiba površine	$\beta = 0,00^\circ$
Pritisak tla na vert. površine	$\theta = 0,00^\circ$
Kut trenja tlo-konstrukcija	$\delta = 0,00^\circ$

## Opterećenja na površinu tla

Trajno kontinuirano opterećenje	g=	10,00 kN/cm <sup>2</sup>
Promjenjivo kontinuirano opterećenje	q=	5,00 kN/cm <sup>2</sup>

### Pritisak tla prema Coulombovoj teoriji

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

## Aktivni tlak

	EQU	STR	GEO
Kut plohe sloma	31	27,5	31
Koeficijent KA	0,361	0,271	0,361

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left( 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2}$$

## Pasivni otpor

	EQU	STR	GEO
Kut plohe sloma	59	62,5	59
Koeficijent KP	2,770	3,690	2,770

#### Trajno djelovanje

	EQU	STR	GEO	
Pritisak od tla na vrhu	qA= 3,610	2,710	3,610	kN/m <sup>2</sup>
Pritisak od tla na dnu	qB= 20,940	15,717	20,940	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak	Pa= 36,825	27,641	36,825	kN/m <sup>2</sup>
Kut aktivne sile	$\alpha$ = 0	0	0	°
Aktivni tlak u x smjeru	Pax= 36,825	27,641	36,825	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak u y smjeru	Pay= 0	0	0	kN/m <sup>2</sup>
Moment na vrhu	M= 42,239	31,704	42,239	kNm/m'
Točka djelovanja aktivne sile	x= 3,000 m			
	z= 1,147 m			

#### Promjenjiva djelovanja

	EQU	STR	GEO	
Pritisak od tla na vrhu	qA= 1,805	1,355	1,805	kN/m <sup>2</sup>
Pritisak od tla na dnu	qB= 1,805	1,355	1,805	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak	Pa= 5,416	4,065	5,416	kN/m <sup>2</sup>
Kut aktivne sile	$\alpha$ = 0	0	0	°
Aktivni tlak u x smjeru	Pax= 5,416	4,065	5,416	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak u y smjeru	Pay= 0	0	0	kN/m <sup>2</sup>
Moment na vrhu	M= 8,123	6,097	8,123	kNm/m'
Točka djelovanja aktivne sile	x= 3,000 m			
	z= 1,500 m			

#### Trajno djelovanje

	EQU	STR	GEO	
Pritisak od tla na vrhu	qA= 0	0	0	kN/m <sup>2</sup>
Pritisak od tla na dnu	qB= 35,454	47,234	35,454	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak	Pa= 14,182	18,894	14,182	kN/m <sup>2</sup>
Kut aktivne sile	$\alpha$ = 0	0	0	°
Aktivni tlak u x smjeru	Pax= 14,182	18,894	14,182	kN/m <sup>2</sup>
Aktivni tlak u y smjeru	Pay= 0	0	0	kN/m <sup>2</sup>
Moment na vrhu	M= 3,782	5,038	3,782	kNm/m'
Točka djelovanja aktivne sile	x= 0,000 m			
	z= 0,267 m			

#### Trajno djelovanje

	EQU	STR	GEO	
Aktivni tlak tla	Pag= 36,825	27,641	36,825	kN/m <sup>2</sup>
Pasivan otpor tla	Pp= 14,182	18,894	14,182	kN/m <sup>2</sup>

#### Promjenjivo djelovanje

	EQU	STR	GEO	
Aktivni tlak tla	Paq= 5,416	4,065	5,416	kN/m <sup>2</sup>

## Potresno opterećenje

Koeficijent horizontalnog potresnog opterećenja	kh=	0,120	$\omega = \tan^{-1} \left( \frac{k_v}{1-k_h} \right)$
Koeficijent vertikalnog potresnog opterećenja	kv=	0,060	
Tlo iznad razine podzemne vode	ω=	7,28 °	

## Metoda Mononobe-Okabe

Koeficijent aktivnog pritiska tla	Ke*=	0,448 *	$\xi = \frac{K_E}{K_{A(str)}} - 1$
Dodatan pritisak zbog potresnog opt.	ξ=	0,652	

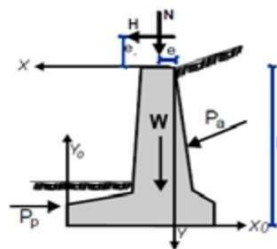
## Parcijalni koeficijenti za djelovanja i svojstva tla

	EQU	STR/GEO (A1+M1)	STR/GEO (A2+M2)	Potresno
Djelovanja				
Trajno povoljno	1,10	1,35	1,00	1,00
Trajno nepovoljno	0,90	1,00	1,00	1,00
Promjenjivo povoljno	1,50	1,50	1,30	1,00
Promjenjivo nepovoljno	0,00	0,00	0,00	0,00
Parametri tla				
Kut trenja	1,25	1,00	1,25	1,25
Efektivna kohezija	1,25	1,00	1,35	1,25
Nedrenirana i jednoosna čvrstoća	1,40	1,00	1,40	1,40
Čvrstoća	1,40	1,00	1,40	1,40
Gustoća	1,00	1,00	1,00	1,00

## Provjera stabilnosti zida (EQU)

Djelujuće sile na zid

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	36,825	0	3,00	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	5,416	0	3,00	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	14,182	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	0	65,63	1,6175	0,8730
Zapuna	Ws	0	40,00	2,50	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	0	10,00	2,50	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0	5,00	2,50	3,00



Provjera nosivosti tla (EQU)

Provjera za  $0,90 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 0,00 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,10·Pag	40,508	0	3,00	1,147	46,463
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	8,123	0	3,00	1,50	12,185
Pasivan otpor tla (trajno)	0,90·Pp	12,763	0,00	0,00	0,2667	3,404
Težina zida	0,90·W	0	59,06	1,6175	0,8730	95,534
Zapuna	0,90·Ws	0	36,00	2,50	1,75	90,000
Opterećenje (trajno)	0,90·Wg	0	9,00	2,50	3,00	22,500
			104,06			-152,790

Suma vertikalnih sila = 104,063 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -152,790 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = 3,304 kNm/m'

Ekscentricitet  $e = 3,215 / 106,880 = 0,0318 \text{ m}$ ,  $e \leq 3/6 = 0,5000 \text{ m}$

Efektivna duljina temelja  $L' = B - 2e = 2,9365 \text{ m}$

Tlo nosivost  $R_d = (L' \cdot q_u) / \gamma M = 838,9994 \text{ kN/m'}$

Nosivost provjera	Vd= 104,060 <	838,999 kN/m'	ZADOVOLJAVA	Fs= 8,06
-------------------	---------------	---------------	-------------	----------

Provjera za  $1,10 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 1,50 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,10·Pag	40,508	0	3,00	1,147	46,463
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	8,123	0	3,00	1,50	12,185
Pasivan otpor tla (trajno)	1,10·Pp	15,600	0	0,00	0,2667	4,160
Težina zida	1,10·W	0	72,19	1,6175	0,8730	116,763
Zapuna	1,10·Ws	0	44,00	2,50	1,75	110,00
Opterećenje (trajno)	0,90·Wg	0	9,00	2,50	3,00	22,50
Opterećenje (promjenjivo)	1,50·Wq	0	7,50	2,50	3,00	18,75
			132,69			-213,526

Suma vertikalnih sila = 132,688 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -213,526 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = -14,494 kNm/m'

Nosivost provjera	$V_d = 132,690 < 794,721 \text{ kN/m'}$	ZADOVOLJAVA	$F_s = 5,99$
-------------------	---	-------------	--------------

Prevrtnanje s obzirom na nožicu ( $x_0=0,00$  m,  $z_0=0,00$  m)

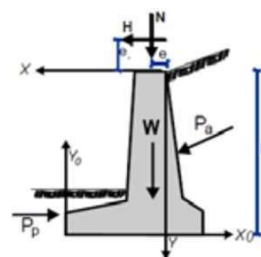
Prevrtanje provjera	Med =	58,648	< Mrd =	211,437 kN/m'	ZADOVOLJAVA, $F_s = 3,61$
---------------------	-------	--------	---------	---------------	---------------------------

Klizanje provjera	$H_d = 35,868$	$< R_d = 55,331 \text{ kN/m'}$	ZADOVOLJAVA, $F_s = 1,54$
-------------------	----------------	--------------------------------	---------------------------

## Provjera stabilnosti zida (STR/GEO A1+M1)

Djelujuće sile na zid

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	27,641	0	3,00	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	4,065	0	3,00	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	18,894	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	0	65,63	1,6175	0,8730
Zapuna	Ws	0	40,00	2,50	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	0	10,00	2,50	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0	5,00	2,50	3,00



Provjera nosivosti tla (STR/GEO A1+M1)

Provjera za  $1,00 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 0,00 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,35·Pag	37,315	0	3,00	1,147	42,801
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	6,097	0	3,00	1,50	9,146
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	18,894	0	0,00	0,2667	5,038
Težina zida	1,00·W	0	65,63	1,6175	0,8730	106,148
Zapuna	1,00·Ws	0	40,00	2,50	1,75	100,000
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	10,00	2,50	3,00	25,000
			115,63			-184,240

Suma vertikalnih sila = 115,625 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -184,240 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = -10,803 kNm/m'

Ekscentricitet  $e = 10,902 / 118,750 = 0,0934$   $e \leq 3/6 = 0,5000$  m

Efektivna duljina temelja  $L' = B - 2e = 2,8131$  m

Tlo nosivost  $Rd = (L' \cdot qu) / \gamma M = 803,7552$  kN/m'

Nosivost provjera  $Vd = 115,630 < 803,755$  kN/m' **ZADOVOLJAVA**  $Fs = 6,95$

Provjera za  $1,35 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 1,50 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,35·Pag	27,641	0	3,00	1,147	31,704
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	4,065	0	3,00	1,50	6,097
Pasivan otpor tla (trajno)	1,35·Pp	18,894	0	0,00	0,2667	5,038
Težina zida	1,35·W	0	65,63	1,6175	0,8730	106,148
Zapuna	1,35·Ws	0	40,00	2,50	1,75	100,00
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	10,00	2,50	3,00	25,00
Opterećenje (promjenjivo)	1,50·Wq	0	5,00	2,50	3,00	12,50
			120,63			-210,885

Suma vertikalnih sila = 120,625 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -210,885 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = -29,948 kNm/m'

Ekscentricitet  $e=30,047/123,750=$  0,2483 m,  $e \leq 3/6=$  0,5000 m  
 Efektivna duljina temelja  $L'=B-2e=$  2,5035 m  
 Tlo nosivost  $R_d=(L' \cdot q_u)/\gamma M=$  715,2734 kN/m'

Nosivost provjera  $V_d=120,630 < 715,273$  kN/m' ZADOVOLJAVA  $F_s=5,93$

#### Provjera sloma zbog prevrtanja (STR/GEO A1+M1)

Prevrtanje s obzirom na nožicu ( $x_0=0,00$  m,  $z_0=0,00$  m)

Djelovanje		FX [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M+[kNm/m']	M-[kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,35·Pag	37,315	0	3,00	1,147	42,801	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	6,097	0	3,00	1,50	9,146	0
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	18,894	0	0,00	0,2667	5,038	0
Težina zida	1,00·W	0	65,63	1,6175	0,8730	0,000	106,148
Zapuna	1,00·Ws	0	40,00	2,50	1,75	0,000	100,00
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	10,00	2,50	3,00	0,000	25,00
Suma=						51,947	236,187

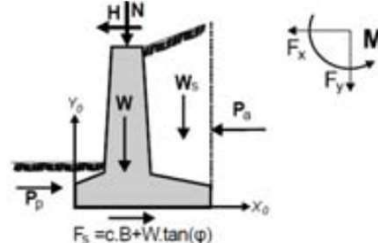
Suma od momenata prevrtanja = 51,947 kN/m'

Suma od momenata otpora prevrtanju = 236,187 kN/m'

Prevrtanje provjera  $M_{ed} = 51,947 < M_{rd} = 236,187$  kN/m' ZADOVOLJAVA,  $F_s=4,55$

#### Provjera sloma zbog klizanja (STR/GEO A1+M1)

Djelovanje		FX [kN/m']	Fz [kN/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,35·Pag	37,315	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,50·Paq	6,097	0
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	18,894	0
Težina zida	1,00·W	0	65,63
Zapuna	1,00·Ws	0	40,00
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	10,00
Suma=		24,519	115,625



Trenje tla  $R_d=N_d \cdot \tan(\phi/\gamma M)=$  71,741 kN/m'

Suma djelujuće sile = 24,519 kN/m'

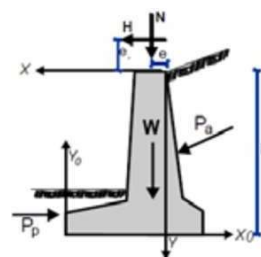
Suma sile otpora = 71,741 kN/m'

Klizanje provjera  $H_d = 24,519 < R_d = 71,741$  kN/m' ZADOVOLJAVA,  $F_s=2,93$

## Provjera stabilnosti zida (STR/GEO A2+M2)

Djelujuće sile na zid

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	36,825	0	3,00	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	5,416	0	3,00	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	14,182	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	0	65,63	1,6175	0,8730
Zapuna	Ws	0	40,00	2,50	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	0	10,00	2,50	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0	5,00	2,50	3,00



Provjera nosivosti tla (STR/GEO A2+M2)

Provjera za  $1,00 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 0,00 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	36,825	0	3,00	1,147	42,239
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,30·Paq	7,040	0	3,00	1,50	10,560
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	14,182	0	0,00	0,2667	3,782
Težina zida	1,00·W	0	65,63	1,6175	0,8730	106,148
Zapuna	1,00·Ws	0	40,00	2,50	1,75	100,000
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	10,00	2,50	3,00	25,000
			115,63			-182,131

Suma vertikalnih sila = 115,625 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -182,131 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = -8,694 kNm/m'

Ekscentricitet  $e = 8,793 / 118,750 = 0,0752$  m,  $e \leq 3/6 = 0,5000$  m

Efektivna duljina temelja  $L' = B - 2e = 2,8496$  m

Tlo nosivost  $R_d = (L' \cdot q_u) / \gamma M = 814,1779$  kN/m'

Nosivost provjera	Vd= 115,630 <	814,178 kN/m'	ZADOVOLJAVA	Fs= 7,04
-------------------	---------------	---------------	-------------	----------

Provjera za  $1,00 \cdot (\text{težina zida} + \text{vertikalno trajno opterećenje}) + 1,30 \cdot (\text{vertikalno promjenjivo opterećenje})$

Djelovanje		Fx [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	36,825	0	3,00	1,147	42,239
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,30·Paq	7,040	0	3,00	1,50	10,560
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	14,182	0	0,00	0,2667	3,782
Težina zida	1,00·W	0	65,63	1,6175	0,8730	106,148
Zapuna	1,00·Ws	0	40,00	2,50	1,75	100,00
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	10,00	2,50	3,00	25,00
Opterećenje (promjenjivo)	1,30·Wq	0	6,50	2,50	3,00	16,25
			122,13			-198,381

Suma vertikalnih sila = 122,125 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -198,381 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = -15,194 kNm/m'



Ekscentricitet  $e = 15,293/125,250 = 0,1244 \text{ m}$ ,  $e \leq 3/6 = 0,5000 \text{ m}$   
 Efektivna dužina temelja  $L' = B - 2e = 2,7512 \text{ m}$   
 Tlo nosivost  $R_d = (L' \cdot q_u) / \gamma M = 786,0509 \text{ kN/m'}$

Nosivost provjera  $V_d = 122,130 < 786,051 \text{ kN/m'}$  ZADOVOLJAVA  $F_s = 6,44$

#### Provjera sloma zbog prevrtanja (STR/GEO A2+M2)

Prevrtanje s obzirom na nožicu ( $x_0 = 0,00 \text{ m}$ ,  $z_0 = 0,00 \text{ m}$ )

Djelovanje		FX [kN/m']	Fz [kN/m']	x0 [m]	z0 [m]	M+ [kNm/m']	M- [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	36,825	0	3,00	1,147	42,239	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,30·Paq	7,040	0	3,00	1,50	10,560	0
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	14,182	0	0,00	0,2667	3,782	0
Težina zida	1,00·W	0	65,63	1,6175	0,8730	0,000	106,148
Zapuna	1,00·Ws	0	40,00	2,50	1,75	0,000	100,00
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	10,00	2,50	3,00	0,000	25,00
Suma=						52,799	234,930

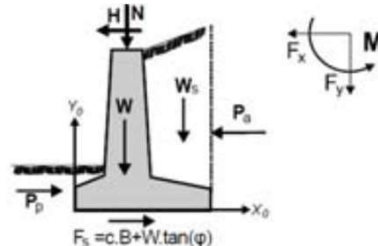
Suma od momenata prevrtanja = 52,799 kN/m'

Suma od momenata otpora prevrtanju = 234,930 kN/m'

Prevrtanje provjera  $M_{ed} = 52,799 < M_{rd} = 234,930 \text{ kN/m'}$  ZADOVOLJAVA,  $F_s = 4,45$

#### Provjera sloma zbog klizanja (STR/GEO A2+M2)

Djelovanje		FX [kN/m']	Fz [kN/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	36,825	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	1,30·Paq	7,040	0
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	14,182	0
Težina zida	1,00·W	0	65,63
Zapuna	1,00·Ws	0	40,00
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	0	10,00
Suma=		29,684	115,625



Trenje tla  $R_d = N_d \cdot \tan(\phi / \gamma M) = 61,479 \text{ kN/m'}$

Suma djelujuće sile = 29,684 kN/m'

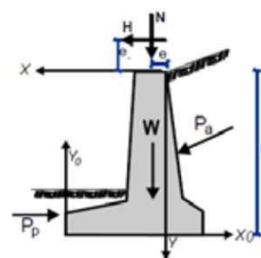
Suma sile otpora = 61,479 kN/m'

Klizanje provjera  $H_d = 29,684 < R_d = 61,479 \text{ kN/m'}$  ZADOVOLJAVA,  $F_s = 2,07$

## Potresni proračun

Provjera stabilnosti zida (sa potresnim opterećenjem)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']	$x_0$ [m]	$z_0$ [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	27,641	0	3,00	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	4,065	0	3,00	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	18,894	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	0	65,63	1,6175	0,8730
Zapuna	Ws	0	40,00	2,50	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	0	10,00	2,50	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0	5,00	2,50	3,00



Dodatne sile zbog potresnog opterećenja

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']	$x_0$ [m]	$z_0$ [m]
Aktivni pritisak tla (trajno)	Pag	18,014	0	3,00	1,147
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	Paq	2,649	0	3,00	1,50
Pasivan otpor tla (trajno)	Pp	12,313	0	0,00	0,2667
Težina zida	W	7,88	3,94	1,6175	0,8730
Zapuna	Ws	4,80	2,40	2,50	1,75
Opterećenje (trajno)	Wg	1,2	0,6	2,50	3,00
Opterećenje (promjenjivo)	Wq	0,6	0,3	2,50	3,00

Provjera nosivosti tla (sa potresnim opterećenjem)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']	$x_0$ [m]	$z_0$ [m]	$M$ [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	1,00·Pag	45,655	0	3,00	1,147	52,367
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	0,30·Paq	2,014	0	3,00	1,50	3,021
Pasivan otpor tla (trajno)	1,00·Pp	31,207	0	0,00	0,2667	8,322
Težina zida	1,00·W	7,88	69,56	1,6175	0,8730	112,517
Zapuna	1,00·Ws	4,80	42,40	2,50	1,75	106,000
Opterećenje (trajno)	1,00·Wg	1,20	9,40	2,50	3,00	23,500
Opterećenje (promjenjivo)	0,30·Wq	0,18	1,41	2,50	3,00	3,525
		122,773		-198,476		

Suma vertikalnih sila = 122,773 kN/m'

Suma momenata na prednju nožicu = -198,476 kNm/m'

Suma momenata na sredinu baze = 5,097 kNm/m'

Ekscentricitet  $e = 5,805 / 126,085 = 0,0415$  m,  $e \leq 3/6 = 0,5000$  m

Efektivna duljina temelja  $L' = B - 2e = 2,9170$  m

Tlo nosivost  $R_d = (L' \cdot q_u) / \gamma M = 833,4186$  kN/m'

Nosivost provjera  $V_d = 122,773 < 833,419$  kN/m' ZADOVOLJAVA  $F_s = 6,79$

### Provjera sloma zbog prevrtanja (sa potresnim opterećenjem)

Prevrtanje s obzirom na nožicu ( $x_0=0,00$  m,  $z_0=0,00$  m)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']	$x_0$ [m]	$z_0$ [m]	$M^+$ [kNm/m']	$M^-$ [kNm/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	$1,00 \cdot P_{ag}$	45,655	0	3,00	1,147	52,367	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	$0,30 \cdot P_{aq}$	2,014	0	3,00	1,50	3,021	0
Pasivan otpor tla (trajno)	$1,00 \cdot P_p$	31,207	0	0,00	0,2667	8,322	0
Težina zida	$1,00 \cdot W$	7,88	69,56	1,6175	0,8730	6,875	112,517
Zapuna	$1,00 \cdot W_s$	4,80	42,40	2,50	1,75	8,40	106,00
Opterećenje (trajno)	$1,00 \cdot W_g$	1,20	9,40	2,50	3,00	3,60	23,50
Opterećenje (promjenjivo)	$0,30 \cdot W_q$	0,18	1,41	2,50	3,00	0,54	3,53
Suma=						74,803	253,864

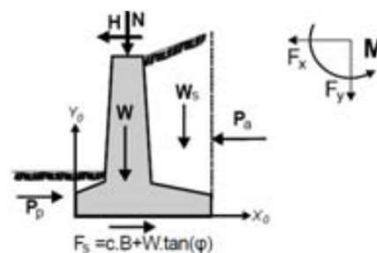
Suma od momenata prevrtanja = 74,803 kN/m'

Suma od momenata otpora prevrtanju = 253,864 kN/m'

Prevrtanje provjera Med = 74,803 < Mrd = 253,864 kN/m' ZADOVOLJAVA,  $F_s = 3,39$

### Provjera sloma zbog klizanja (sa potresnim opterećenjem)

Djelovanje		$F_x$ [kN/m']	$F_z$ [kN/m']
Aktivni pritisak tla (trajno)	$1,00 \cdot P_{ag}$	45,655	0
Aktivni pritisak tla (promjenjivo)	$0,30 \cdot P_{aq}$	2,014	0
Pasivan otpor tla (trajno)	$1,00 \cdot P_p$	31,207	0
Težina zida	$1,00 \cdot W$	7,88	69,56
Zapuna	$1,00 \cdot W_s$	4,80	42,40
Opterećenje (trajno)	$1,00 \cdot W_g$	1,20	9,40
Opterećenje (promjenjivo)	$0,30 \cdot W_q$	0,18	1,41
Suma=		30,517	122,77



Trenje tla  $R_d = N_d \cdot \tan(\varphi/\gamma M) = 65,279$  kN/m'

Suma djelujuće sile = 30,517 kN/m'

Suma sile otpora = 65,279 kN/m'

Klizanje provjera Hd = 30,517 < Rd = 65,279 kN/m' ZADOVOLJAVA,  $F_s = 2,14$

# DIMENZIONIRANJE

## DIMENZIONIRANJE VERTIKALNOG ZIDA

-klasa betona: C30/37

-čelik: B500B

Pretpostavke:  $\phi_a = 10 \text{ mm}$

$h = 40 \text{ cm}$

$c_{nom} = 5 \text{ cm}$

Udaljenost od težišta armature:  $d_x = c_{nom} + \phi_{a,y} + \frac{\phi_v}{2} = 5 + 1 + 0,4 = 6,6 \text{ cm}$

Statička visina:  $d_x = h - d_x = 40 - 6,6 = 33,4 \text{ cm}$

Računska čvrstoća betona:  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{3,00}{1,50} = 2,00 \text{ kN/cm}^2$

Računska čvrstoća armature:  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50}{1,15} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$

Minimalna armatura:

$A_{s,min,x} = 0,0224 \cdot \frac{f_{ck}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x = 0,0224 \cdot \frac{3,70}{43,48} \cdot 100 \cdot 33,4 = 6,36 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$

$A_{s,min,x} = \frac{0,6 \cdot b \cdot d_x}{f_{yk}} = \frac{0,6 \cdot 100 \cdot 33,4}{500} = 4,01 \text{ cm}^2$

$A_{s,min,x} = 0,0015 \cdot b \cdot d_x = 0,0015 \cdot 100 \cdot 33,4 = 5,01 \text{ cm}^2$

Maksimalna armatura:

$A_{s,max,x} = 0,31 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x = 0,31 \cdot \frac{2,00}{43,48} \cdot 100 \cdot 33,4 = 47,63 \text{ cm}^2$

## DIMENZIONIRANJE ARMATURE

$M_u = 43,94 \text{ kNm}$

Bezdimenzionalan koeficijent armiranja:

$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4394}{100 \cdot 33,4^2 \cdot 2,00} = 0,020 < \mu_{Rd,lim} = 0,252$

Odabrano:  $\mu_{sd} = 0,023$

$\zeta = 0,980$

Potrebna armatura:

$$A_{s1,x} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}} = \frac{4394}{0,980 \cdot 33,4 \cdot 43,48} = 3,09 \text{ cm}^2 < A_{s,min,x} = 6,36 \text{ cm}^2$$

Odabrano : mreža R-636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2$ )

### DIMENZIONIRANJE TEMELJNE PLOČE

Udaljenost od težišta armature:  $d_x = c_{nom} + \phi_{a,y} + \frac{\phi_v}{2} = 5 + 1 + 0,4 = 6,6 \text{ cm}$

Statička visina:  $d_x = h - d_x = 50 - 6,6 = 43,4 \text{ cm}$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min,x} = 0,0224 \cdot \frac{f_{ckk}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x = 0,0224 \cdot \frac{3,70}{43,48} \cdot 100 \cdot 43,4 = 8,27 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s,min,x} = \frac{0,6 \cdot b \cdot d_x}{f_{yk}} = \frac{0,6 \cdot 100 \cdot 43,4}{500} = 5,21 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min,x} = 0,0015 \cdot b \cdot d_x = 0,0015 \cdot 100 \cdot 43,4 = 6,51 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,max,x} = 0,31 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x = 0,31 \cdot \frac{2,00}{43,48} \cdot 100 \cdot 43,4 = 62,46 \text{ cm}^2$$

### DIMENZIONIRANJE ARMATURE

$$M_u = 49,12 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalan koeficijent armiranja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4912}{100 \cdot 43,4^2 \cdot 2,00} = 0,013 < \mu_{Rd,lim} = 0,252$$

Odabrano:  $\mu_{sd} = 0,014$

$$\zeta = 0,985$$

Potrebna armatura:

$$A_{s1,x} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}} = \frac{4912}{0,978 \cdot 43,4 \cdot 43,48} = 2,66 \text{ cm}^2 < A_{s,min,x} = 8,27 \text{ cm}^2$$

Odabrano :  $\phi 14/15 \text{ cm}$  ( $A_s = 10,26 \text{ cm}^2$ )

Razdjelna armatura:

$$A_{\text{raz}} = 0,20 \cdot A_{s,\text{od}} = 0,20 \cdot 10,26 = 2,05 \text{ cm}^2$$

Odabrano :  **$\phi 10/20 \text{ cm}$  ( $A_s = 3,93 \text{ cm}^2$ )**

Određivanje duljine sidrenja

$$l_b = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{bd} \cdot u} = \frac{\Phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{1.4 \cdot 43.48}{4 \cdot 0.3} = 50,0 \text{ cm} \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$l_{b,\text{net}} = \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,\text{req}}}{A_{s,\text{prov}}} = 1 \cdot 50 \cdot \frac{8,27}{10,26} = 40,30 \text{ cm}$$

$$l_{b,\text{min}} = 0.3 \cdot \alpha_a \cdot l_{b,\text{net}} = 0,3 \cdot 1 \cdot 40,30 = 12,09 \text{ cm}$$

## 9. Zaključak

Ovim završnim radom su obuhvaćene najčešće vrste potpornih građevina te njihovi bitni elementi i karakteristike. Također su objašnjeni i postupci proračuna za dimenzioniranje kao i sve moguće sile koje mogu djelovati na potpornu građevinu. Kako danas u svijetu postoje razne vrste potpornih građevina, opisano je gdje je najbolje izvesti određenu vrstu građevine, bilo da se radi o potpornom zidu, ojačanom tlu, zagatu ili sidrenoj građevini. Izabrana vrsta potporne građevine mora se uklopiti u postojeći okoliš te biti izvedena od tehnologije koja se nalazi u blizini kako bi zadržali svojstvo ekonomičnosti prilikom projektiranja i izvođenja građevine. Također je bitno prije početka projektiranja potporne građevine napraviti istražne radove, odnosno istražne bušotine te izraditi geomehanički elaborat kako bi točno znali kakvo se tlo nalazi ispod površine i koje su njegove karakteristike.

U proračunskom dijelu se nalaze riješeni primjeri dvaju potpornih zidova dimenzioniranih prema "Eurocode 7" za EQU, STR i GEO granično stanje te na potresno djelovanje. Na temelju tih proračuna možemo zaključiti da je ekonomičnije dimenzionirati, odnosno, prilikom odabira geometrije poprečnog zida, odabrati zid koji ima temeljnu stopu ili nožicu okrenutu prema unutra. U priloženim dvama primjerima riješenih zidova uzete su iste karakteristike tla te ista visina zida. Uočili smo da je aktivni tlak i pasivni otpor tla isti u oba slučaja. Ono o čemu ovisi geometrija zida, a samim time i konačna cijena (zbog uporabljenog materijala) jest smjer u kojem smo pretpostavili da ide nožica. Ukoliko imamo nožicu prema unutra tada imamo veće silu koju uzrokuje težina zapune i površinska opterećenja te zbog lakše dobijemo zid siguran na klizanje. Ukoliko imamo nožicu prema van tada nam je potrebna veća količina betona zbog većih dimenzija potpornog zida, a samim time moramo staviti i više armature te je posljedično i veća konačna cijena. Pozitivna strana zida sa nožicom prema van jest da imamo veći faktor sigurnosti na prevrtanje i nosivost tla zbog duže temeljne stope, dok je teže zadovoljiti proračun na klizanje te su najčešće potrebni još neki dodatni zahvati na temeljnoj stopi kojima se povećava sigurnost na klizanje. U priložima se nalaze detalji proračunatih potpornih zidova te iskaz armature za iste i „renderi“ koji prikazuju izgled projektiranih zidova.

U Varaždinu, 13.9.2021.

## 10. Literatura

- [1] Tanja Roje-Bonacci: Potporne građevine i građevinske jame, Split, 2005.
- [2] prof.dr.sc. Božo Soldo: Geomehnika II, Geotehničko sidro, Duboko temeljenje
- [3] doc.dr.sc. Matija Orešković: Predavanja iz kolegija Geotehnika, Potporni zidovi
- [4] Antun Szavits-Nossan, Tomislav Ivšić: Novi Eurokod 7: geotehničko projektiranje, Građevinski fakultet, Zagreb, 2006, <https://www.bib.irb.hr/274040> [pristupljeno 2.9.2021.]
- [5] <https://nastava.tvz.hr/zlatovic/knjiga/9.pdf> [pristupljeno 21.8.2021.]
- [6] <https://www.versa-lok.com/products/geo-grid/> [pristupljeno 21.8.2021.]
- [7] <https://www.dextragroup.com/activities/technical-solutions-for-construction/solutions/97-astec-active-anchors> [pristupljeno 21.8.2021.]
- [8] <https://www.scribd.com/doc/246580585/Eurokod-7-u-geotehni%C4%8Dkom-in%C5%BEEenjerstvu-RH> [pristupljeno 28.8.2021.]
- [9] <https://www.geotech.hr/odabir-geometrije-armiranobetonskog-potpornog-zida/> [pristupljeno 21.8.2021.]
- [10] Potresna karta Hrvatske, <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php> [pristupljeno 2.9.2021.]



## 10.1. Popis slika

SLIKA 1 : POTPORNE GRAĐEVINE: OJAČANO TLO(GORE LIJEVO), GEOTEHNIČKO SIDRO (GORE DESNO), POTPORNI ZID (DOLJE)	2
izvor: <a href="https://www.externalworksindex.co.uk/entry/122393/HUESKER/Fortrac-Natur-S-geosynthetic-reinforced-soil-system/">https://www.externalworksindex.co.uk/entry/122393/HUESKER/Fortrac-Natur-S-geosynthetic-reinforced-soil-system/</a> <a href="https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/GI_12_predavanje_Ojacanje_stijenske_mase_stapnim_sidr_ima_2014.pdf">https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/GI_12_predavanje_Ojacanje_stijenske_mase_stapnim_sidr_ima_2014.pdf</a> <a href="https://www.rmt-tim.hr/wp-content/uploads/2020/12/Potporni-zid-Vinogradi-Ludbreski-8.jpg">https://www.rmt-tim.hr/wp-content/uploads/2020/12/Potporni-zid-Vinogradi-Ludbreski-8.jpg</a>	
SLIKA 2 : NAPREZANJA UZROKOVANA DJELOVANJEM VANJSKIH SILA	3
izvor: prof.dr.sc Božo Soldo, predavanje iz kolegija Geomehanika II, Duboko temeljenje	
SLIKA 3 : DJELUJUĆE SILE NA POTPORNU GRAĐEVINU	4
izvor: <a href="https://www.geotech.hr/en/odabir-geometrije-armiranobetonskog-potpornog-zida/">https://www.geotech.hr/en/odabir-geometrije-armiranobetonskog-potpornog-zida/</a>	
SLIKA 4 : NAPREZANJA UZROKOVANA AKTIVNIM TLAKOM	5
autorski rad	
SLIKA 5 : SHEMATSKI PRIKAZ NASTANKA AKTIVNOG TLAKA I PASIVNOG OTPORA [5]	6
izvor: <a href="https://nastava.tvz.hr/zlatovic/knjiga/9.pdf">https://nastava.tvz.hr/zlatovic/knjiga/9.pdf</a>	
SLIKA 6 : KRIVULJE IZNOSA AKTIVNOG TLAKA I PASIVNOG OTPORA	6
izvor: <a href="https://www.researchgate.net/figure/Typical-active-and-passive-condition-curves_fig12_258389922">https://www.researchgate.net/figure/Typical-active-and-passive-condition-curves_fig12_258389922</a>	
SLIKA 7 : IZNOSI AKCELERACIJA ZA GRAD VARAŽDIN	7
autorski rad	
SLIKA 8 : SHEMATSKI PRIKAZ EUROCODE-OVA [8]	8
izvor: <a href="https://www.scribd.com/doc/246580585/Eurokod-7-u-geotehni%C4%8Dkom-in%C5%BEEenjerstvu-RH">https://www.scribd.com/doc/246580585/Eurokod-7-u-geotehni%C4%8Dkom-in%C5%BEEenjerstvu-RH</a>	
SLIKA 9 : PARCIJALNI FAKTORI IZ EUROCODE 7 [3]	10
izvor: doc.dr.sc. Matija Orešković, predavanje iz kolegija Geotehnika, Potporni zidovi	
SLIKA 10 : VRSTE POTPORNIH ZIDOVA	12
izvor: <a href="https://retainingwallsolutions.co.uk/retaining-wall-design/retaining-wall-price-comparison/">https://retainingwallsolutions.co.uk/retaining-wall-design/retaining-wall-price-comparison/</a>	
SLIKA 11 : MEHANIZMI SLOMA POTPORNOG ZIDA	13
autorski rad	
SLIKA 12 : STATIČKI SUSTAV PRORAČUNA NA PREVRTANJE	14
izvor: Tanja Roje-Bonacci: Potporne građevine i građevinske jame, Split, 2005.	
SLIKA 13 : STATIČKI SUSTAV PRORAČUNA NA KLIZANJE	15
izvor: Tanja Roje-Bonacci: Potporne građevine i građevinske jame, Split, 2005.	
SLIKA 14 : ZAHVATI NA TEMELJNOJ STOPI ZA POVEĆANJE FAKTORA SIGURNOSTI	15
izvor: Tanja Roje-Bonacci: Potporne građevine i građevinske jame, Split, 2005.	
SLIKA 15 : NEJEDNOLIKA RASPODJELA NAPREZANJA ISPOD TEMELJNE STOPE	16
izvor: Tanja Roje-Bonacci: Potporne građevine i građevinske jame, Split, 2005.	
SLIKA 16 : MOGUĆI SLOM PLOHE TLA KOD PROVJERE GLOBALNE STABILNOSTI	16
izvor: Tanja Roje-Bonacci: Potporne građevine i građevinske jame, Split, 2005.	
SLIKA 17 : POPREČNI PRESJEK OJAČANOG TLA [6]	17
izvor: <a href="https://www.versa-lok.com/products/geo-grid/">https://www.versa-lok.com/products/geo-grid/</a>	
SLIKA 18 : PRIMJER OJAČANOG TLA IZ RUSIJE	19
izvor: <a href="https://www.maccaferri.com/ru/en/geosynthetic-reinforced-soil-technology/">https://www.maccaferri.com/ru/en/geosynthetic-reinforced-soil-technology/</a>	
SLIKA 19 : PRIMJER ZAGATA OKRUŽENOG MOREM [1]	20
izvor: Tanja Roje-Bonacci: Potporne građevine i građevinske jame, Split, 2005.	

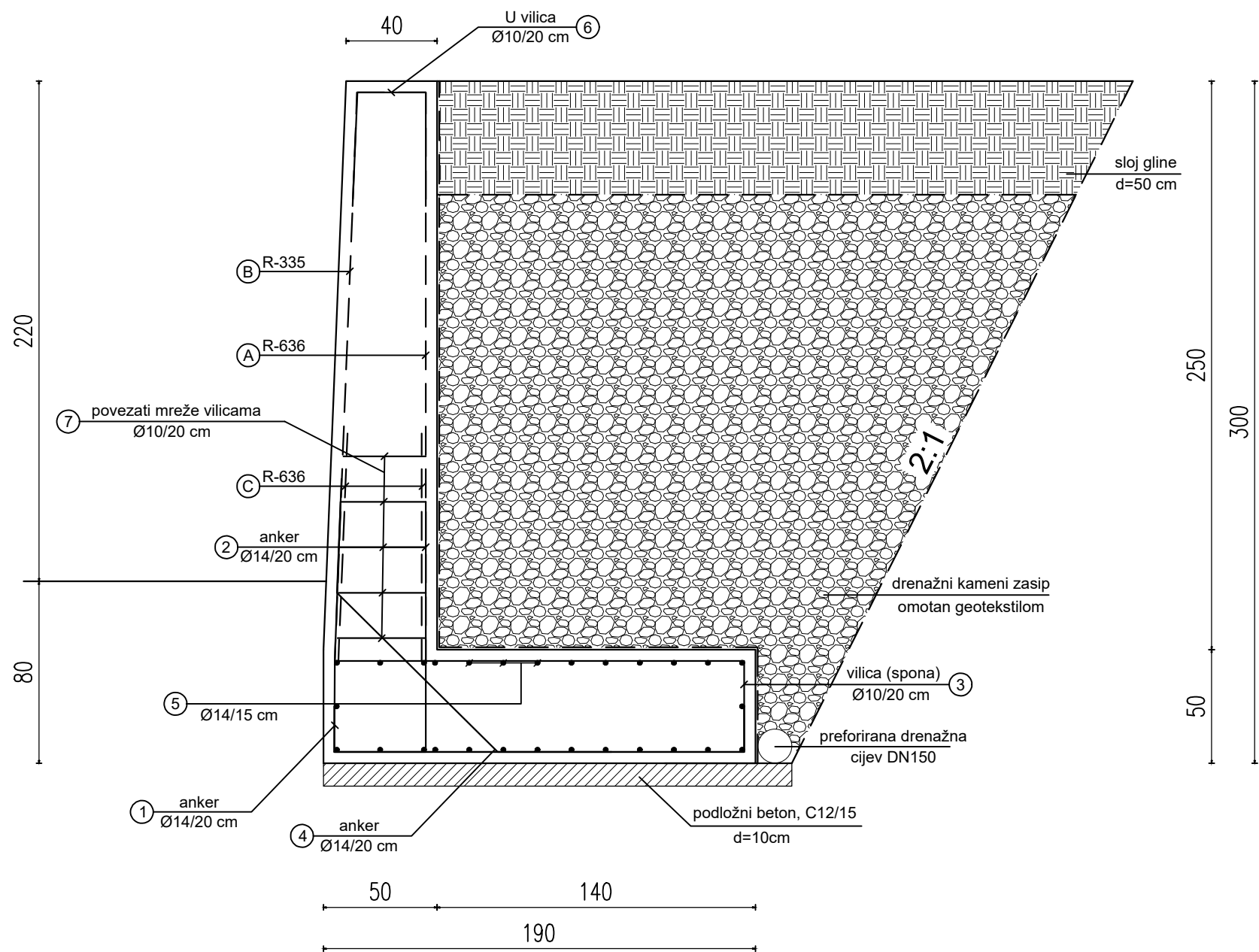
SLIKA 20 : NASUTI ZAGAT KOD BRANE TRI KLANCA U KINI [1] izvor: Tanja Roje-Bonacci: Potporne građevine i građevinske jame, Split, 2005.	21
SLIKA 21 : POSTAVLJANJE METALNOG ŽMURJA izvor: <a href="https://indeco.ru/hr/planting-a-garden-is-everything-you-wanted-to-know-about-landscape-design-with-your-own-hands-shore-protection.html">https://indeco.ru/hr/planting-a-garden-is-everything-you-wanted-to-know-about-landscape-design-with-your-own-hands-shore-protection.html</a>	22
SLIKA 22 : PRIMJENA SIDRA [7] izvor: <a href="https://www.dextragroup.com/activities/technical-solutions-for-construction/solutions/97-astec-active-anchors">https://www.dextragroup.com/activities/technical-solutions-for-construction/solutions/97-astec-active-anchors</a>	24
SLIKA 23 : PRINCIP RADA SIDRA izvor: prof.dr.sc Božo Soldo, predavanje iz kolegija Geomehanika II	25
SLIKA 24 : DIJELOVI GEOTEHNIČKOG SIDRA autorski rad	26

## 10.2. Popis tablica

TABLICA 1 : OBUJAMSKE TEŽINE ČESTO KORIŠTENIH MATERIJALA autorski rad	5
--	---

## 11. Prilozi

# DETALJ POTPORNOG ZIDA, M 1:25



B500B - mrežna armatura - specifikacija za 1 dužni metar zida						
POZ	TIP	DIMENZIJE (m)	KOMADA (kom)	POVRŠINA (m2)	kg/m2	kg
A	R-636	2.50x1.00	1	2.50	5.95	14.90
B	R-335	2.50x1.00	1	2.50	3.63	9.10
C	R-636	1.00x1.00	2	1.00	5.95	12.00
UKUPNO:						36.00

RA šipke - specifikacija za 1 dužni metar zida					
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lg n [m]
1		14	3.10	5	15.50
2		14	1.70	5	8.50
3		10	3.60	5	18.00
4		14	2.00	5	10.00
5		14	1.00	28	28.00
6		10	1.30	5	6.50
7		10	2.80	5	14.00

Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lg n [m]	Jedinična težina [kg/m']	Težina [kg]
B 500 B			
10	38.50	0.634	24.50
14	62.00	1.242	77.00
Ukupno			101.50

SVEUČILIŠTE SJEVER

ODJEL GRADITELJSTVO

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Naslov završnog rada:

USPOREDNI PRORAČUNI NEKOLIKO TIPOVA POTPORNIH GRAĐEVINA PREMA EUROCODE-U 7

Kolegij:

ZAVRŠNI RAD

Projektant:

MARKO TRUBELJA

Datum:

09.2021.

Mjerilo:

M 1:25

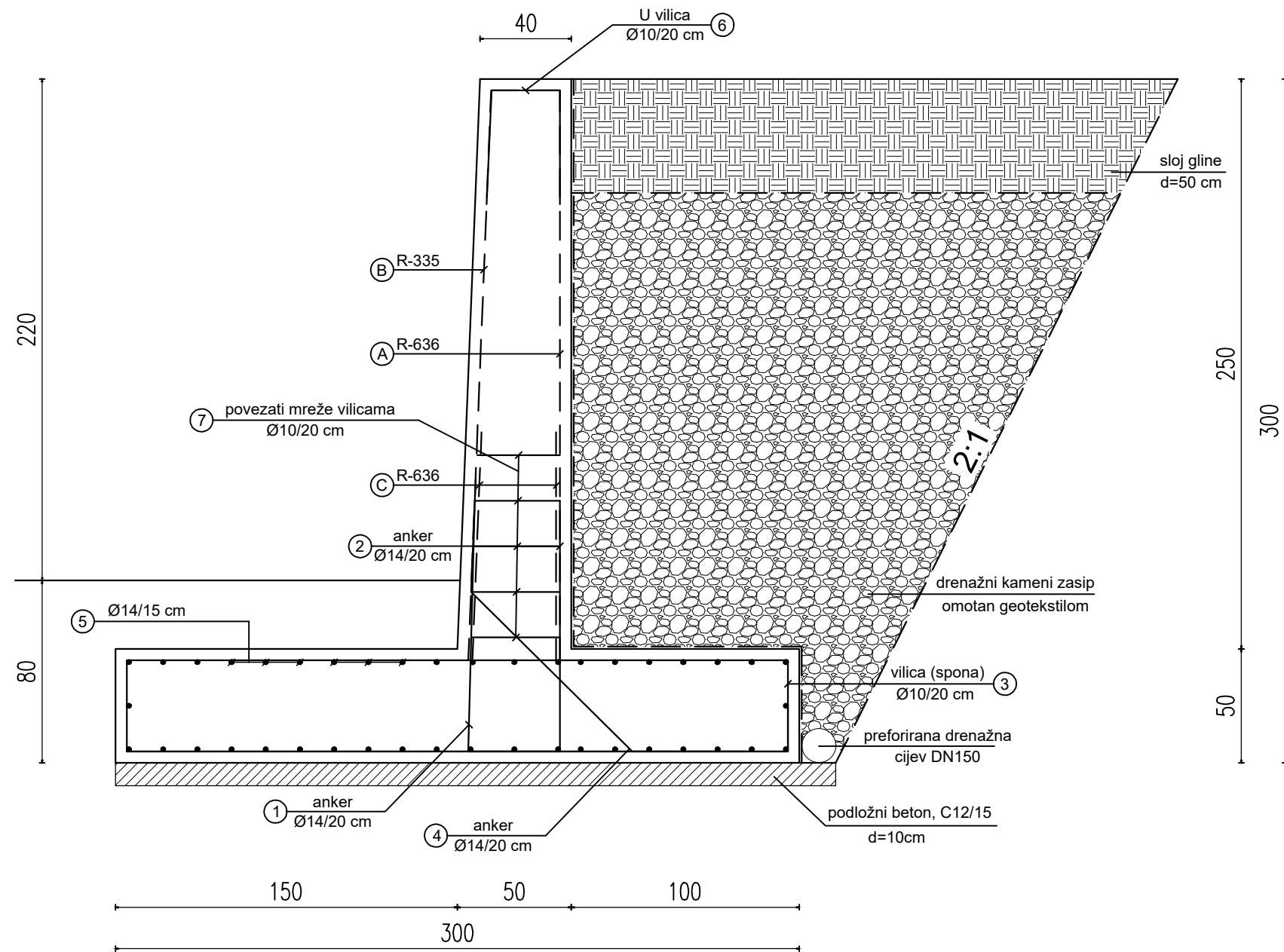
Naslov lista:

DETALJ POTPORNOG ZIDA SA NOŽICOM UNUTRA

List:

63

# DETALJ POTPORNOG ZIDA, M 1:25



B500B - mrežna armatura - specifikacija za 1 dužni metar zida						
POZ	TIP	DIMENZIJE (m)	KOMADA (kom)	POVRŠINA (m2)	kg/m2	kg
A	R-636	2.50x1.00	1	2.50	5.95	14.90
B	R-335	2.50x1.00	1	2.50	3.63	9.10
C	R-636	1.00x1.00	2	1.00	5.95	12.00
UKUPNO:						36.00

RA šipke - specifikacija za 1 dužni metar zida					
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
1		14	2.70	5	13.50
2		14	3.20	5	16.00
3		10	4.70	5	23.50
4		14	2.00	5	10.00
5		14	1.00	42	42.00
6		10	1.30	5	6.50
7		10	2.80	5	14.00

Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m']	Težina [kg]
B 500 B			
10	44.00	0.634	27.90
14	81.50	1.242	101.30
Ukupno			129.20

SVEUČILIŠTE SJEVER

ODJEL GRADITELJSTVO

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Naslov završnog rada:

USPOREDNI PRORAČUNI NEKOLIKO TIPOVA POTPORNIH GRAĐEVINA PREMA EUROCODE-U 7

Kolegij:

ZAVRŠNI RAD

Projektant:

MARKO TRUBELJA

Datum:

09.2021.

Mjerilo:

M 1:25

Naslov lista:

DETALJ POTPORNOG ZIDA SA NOŽICOM PREMA VAN

List:

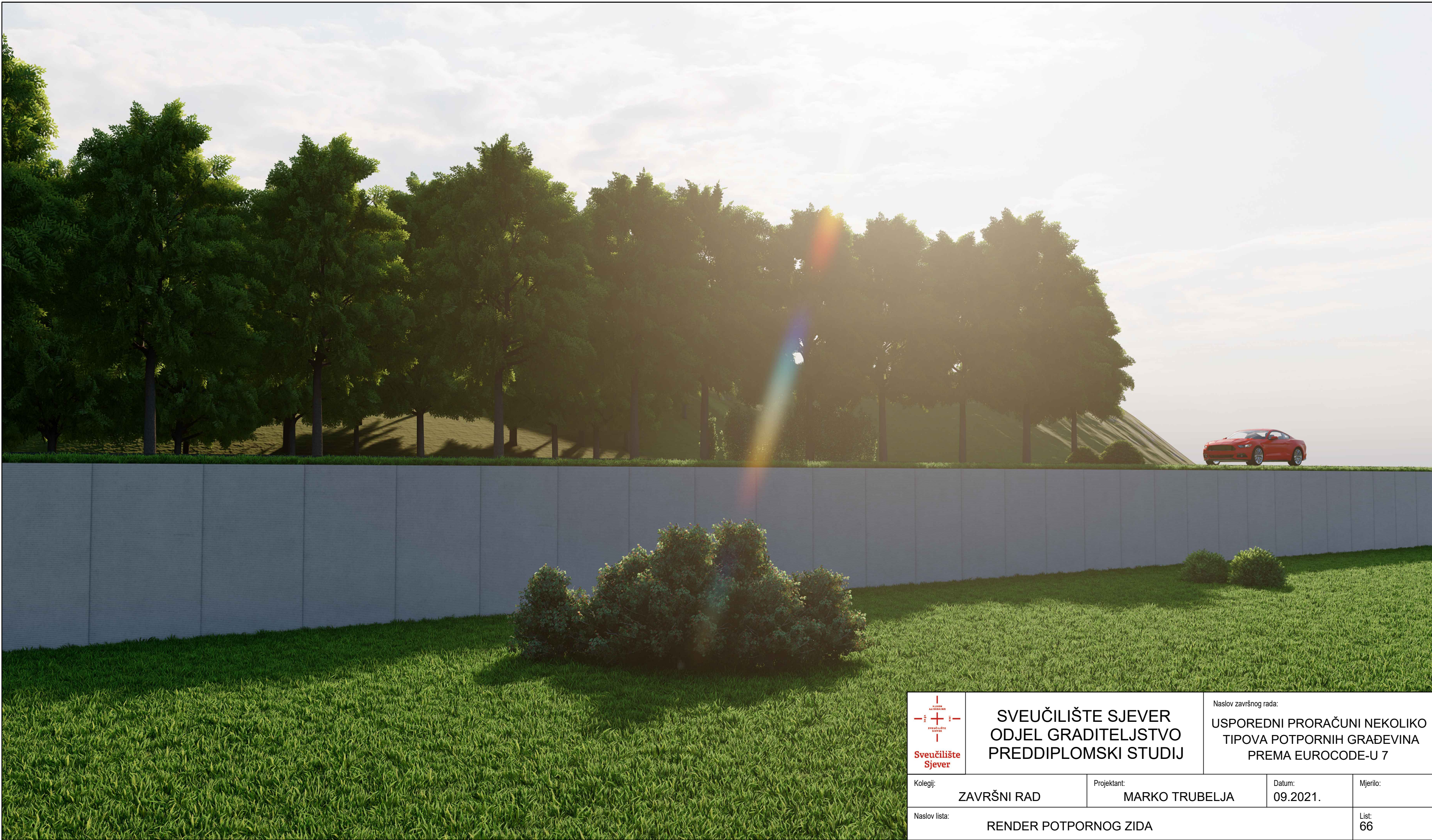
64





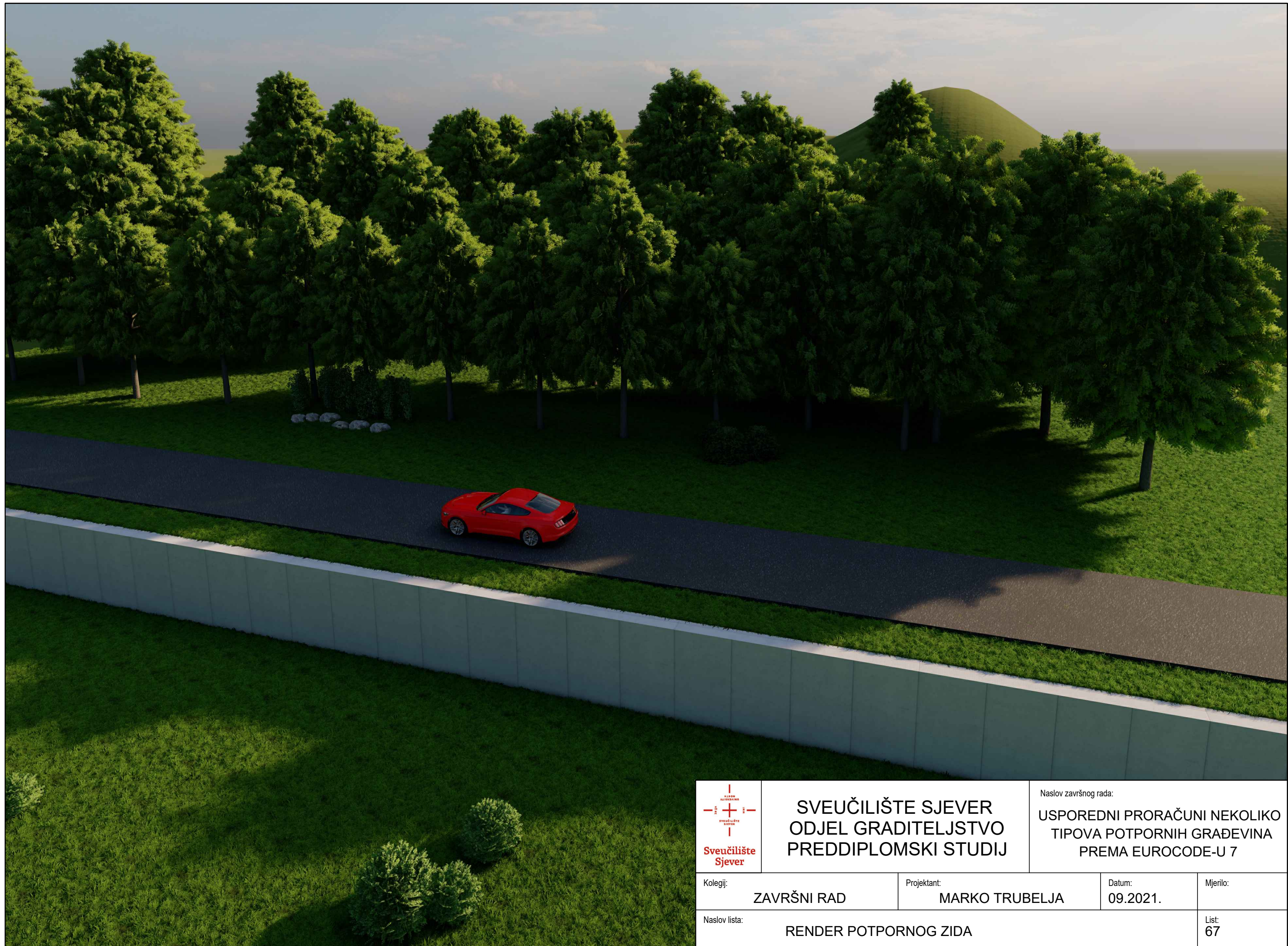
 <div>Sveučilište Sjever</div>	<div>SVEUČILIŠTE SJEVER ODJEL GRADITELJSTVO PREDDIPLOMSKI STUDIJ</div>	<div>Naslov završnog rada: USPOREDNI PRORAČUNI NEKOLIKO TIPOVA POTPORNH GRAĐEVINA PREMA EUROCODE-U 7</div>	
<div>Kolegij: ZAVRŠNI RAD</div>	<div>Projektant: MARKO TRUBELJA</div>	<div>Datum: 09.2021.</div>	<div>Mjerilo:</div>
<div>Naslov lista: RENDER POTPORNOG ZIDA</div>			<div>List: 65</div>






	<p>SVEUČILIŠTE SJEVER ODJEL GRADITELJSTVO PREDDIPLOMSKI STUDIJ</p>	<p>Naslov završnog rada: USPOREDNI PRORAČUNI NEKOLIKO TIPOVA POTPORNIH GRAĐEVINA PREMA EUROCODE-U 7</p>		
Kolegij: ZAVRŠNI RAD	Projektant: MARKO TRUBELJA	Datum: 09.2021.	Mjerilo:	
Naslov lista: RENDER POTPORNOG ZIDA				List: 66





	<b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b> <b>ODJEL GRADITELJSTVO</b> <b>PREDDIPLOMSKI STUDIJ</b>	Naslov završnog rada: <b>USPOREDNI PRORAČUNI NEKO LIKO</b> <b>TIPOVA POTPORN I H GRAĐEVINA</b> <b>PREMA EUROCODE-U 7</b>		
Kolegij: <b>ZAVRŠNI RAD</b>	Projektant: <b>MARKO TRUBELJA</b>	Datum: <b>09.2021.</b>	Mjerilo:	
Naslov lista: <b>RENDER POTPORN OG ZIDA</b>				List: <b>67</b>



Sveučilište  
SjeverSVEUČILIŠTE  
SJEVERIZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARKO TRUBELJA (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom USPOREDNI PRORAČUNI NEKOLIKO TIPOVA POT. GRAĐEVINA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Marko Trubelja  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MARKO TRUBELJA (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom USPOREDNI PRORAČUNI NEKOLIKO TIPOVA POT. GRAĐEVINA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Marko Trubelja  
(vlastoručni potpis)